Centrale Santé Intégrée

Projet biomédical BA2

Rapport final

Bailly Manon, Damski Lola, Lecomte Marceau,
Martins Pinto Diogo, Mouaden Yasmine, Pochet Corentin.

Groupe 3 - Superviseur : Benoît Penelle

2012-2013

Table des matières

1 Introduction au rapport **1**
1.1 Introduction . . . 1
1.2 Démarche suivie . . . 1

2 Les mesures **2**
2.1 Définition et interprétation médicales des données mesurées . . . 2
2.1.1 L'indice de masse corporelle (IMC) et la corpulence . . . 2
2.1.2 Le pouls . . . 3
2.1.3 La température . . . 4
2.2 Choix des capteurs . . . 5
2.2.1 La température . . . 5
2.2.2 La taille . . . 8
2.2.3 Le poids . . . 10
2.2.4 Le pouls . . . 14

3 Théorie électronique **15**
3.1 Microcontrôleur . . . 15
3.2 Architecture générale . . . 15
3.3 Arduino . . . 15
3.4 Entrées et sorties disponibles . . . 16
3.5 Entrées analogiques . . . 16
3.6 Entrées/sorties numériques . . . 16
3.6.1 Entrées . . . 16
3.7 Pulse Width Modulation . . . 17

4 Montage électronique **18**
4.1 Capteurs . . . 18
4.1.1 La taille . . . 18
4.1.2 La température . . . 20
4.1.3 Le poids . . . 22
4.1.4 Le pouls . . . 22
4.2 Ecran LCD . . . 23

5 Alimentation **24**

6 Mémoire EEPROM et interface avec l'utilisateur **26**
6.1 Mémoire EEPROM . . . 26
6.1.1 Introduction . . . 26
6.1.2 Gestion de la mémoire . . . 26
6.2 Écran LCD . . . 27

6.3 Connexion à l'ordinateur 28
6.3.1 Rapatriement des données sur l'ordinateur 29
6.3.2 Stockage des données 30
6.3.3 Affichage des données 30

7 Budget **32**

8 Fonctionnement de groupe **33**

9 Conclusion **34**

A Certifications **38**

B Codes **40**

C Circuit complet **41**

Résumé

[Nombre de mots : 8526]

"Centrale santé intégrée"
par Manon Bailly, Lola Damski, Marceau Lecomte, Diogo Martins Pinto, Yasmine Mouaden, Corentin Pochet.

Ce projet a pour but de mettre en place un dispositif capable de mesurer plusieurs paramètres d'ordre morphologiques et physiologiques, tels que le poids, la taille, la température et le pouls, à l'aide d'un microcontrôleur. Le prototype doit pouvoir calculer l'Indice de Masse Corporelle (IMC). Il doit être alimenté par pile, autonome, facile à déplacer et aussi présenter une interface simple à l'utilisateur. Afin d'aboutir au dispositif adéquat, des recherches sur les capteurs nécessaires, les données médicales mesurées et le fonctionnement des microcontrôleurs sont effectuées. Les critères de choix considérés pour les capteurs sont la précision, la sensibilité, la gamme des mesures, l'ergonomie, le prix et l'accessibilité. Un Arduino permet l'échange entre ces capteurs et l'interface avec utilisateur. Au terme de l'échéance, le dispositif se compose d'un Arduino, d'un système balance-potentiomètre pour la mesure du poids, d'un capteur à ultrason pour la taille, d'une thermistance pour la température, d'un capteur optique pour le pouls et d'un écran LCD. Le tout est assemblé sur une structure centrale.

Mots-clés : Arduino, Capteurs, Interface, IMC, Santé.
Nombre de mots : 167

Résumé

"Building a Microcontroller-Based Health Station"
by Manon Bailly, Lola Damski, Marceau Lecomte, Diogo Martins Pinto, Yasmine Mouaden, Corentin Pochet.

The aim of this project was to design a device able to measure medical parameters such as heart rate, body temperature, weight, height and thus Body Mass Index (BMI). These parameters are fundamental because they allow the detection of health problems like obesity or hypertension. Measurements were made using different sensors connected to an Arduino microcontroller. Having a limited budget of 120 euros, the selected sensors had to meet certain criteria, including precision and price. To compute height, an ultrasonic sensor was chosen. Regarding temperature, a thermistor best met the desired criteria and for weight, it was decided to use an old mechanical weighing scale's mechanism and using a potentiometer to output the weight. The measurement of the heart rate was done using an infrared LED and a photodetector. Tests showed that the selected components for temperature and height were working as expected and the results proved to be as accurate as needed. Concerning the weighing scale, it is not user friendly yet, although the measurements seem to be quite satisfying. Regarding the heart rate, no usable signals have yet been obtained. All components are connected to an Arduino, capable of displaying the different measurements through an LCD display. A computer interface was also concieved, allowing users to monitor their parameter's evolution over time. The final prototype could be used as a daily health monitor for people with known medical issues as an alternative to a common weighing scale, although regular medical visits would still be advised.

Key Words : health, medical parameters, sensor, BMI (Body Mass Index), Arduino, electronic device
Word limit : 257

Chapitre 1

Introduction au rapport

1.1 Introduction

Le projet de la filière biomédicale pour les BA2 de l'Ecole Polytechnique de Bruxelles consiste en la conception et la construction d'une «centrale santé intégrée» [1]. Ce dispositif doit permettre de calculer l'indice de masse corporelle à l'aide de la mesure du poids et de la taille. Idéalement, d'autres paramètres peuvent être évalués tels que la température et le pouls. Le dispositif final doit pouvoir être utilisé quotidiennement ainsi qu'être capable d'afficher les résultats des mesures sur un écran LCD et d'enregistrer ceux-ci afin de permettre à l'utilisateur de suivre l'évolution de ses paramètres. Le prototype doit être construit en tenant compte des contraintes budgétaires et techniques.

1.2 Démarche suivie

En nous basant sur les constantes habituellement mesurées lors d'une visite de routine chez le médecin, puis en faisant des recherches concernant la difficulté de réalisation des dispositifs de mesure de celles-ci, à l'aide de capteurs et de microcontrôleur, nous avons pu concevoir les plans de notre centrale. Celle-ci est capable de mesurer, en plus du poids et de la taille, la température et le pouls.

Dans le présent rapport, nous commencerons par présenter chaque mesure à effectuer ainsi que les problèmes de santé pouvant être décelés dû à une anomalie d'une de ces constantes. Pour chaque donnée à évaluer, nous avons envisagé différents choix de capteurs et sélectionné la solution remplissant toutes nos exigences à l'aide de tableaux comparatifs.

Nous présenterons ensuite le circuit électrique de chaque élément de notre centrale. Nous conclurons enfin sur les résultats obtenus ainsi que sur une critique de notre travail et les améliorations possibles.

1. voir le cahier des charges en annexe

Chapitre 2

Les mesures

2.1 Définition et interprétation médicales des données mesurées

Dans le but de choisir et de comprendre le fonctionnement des capteurs utilisés dans la centrale et d'interpréter les constantes mesurées, il est important de visualiser ce qu'elles représentent et ce qu'elles impliquent.

2.1.1 L'indice de masse corporelle (IMC) et la corpulence

L'indice de masse corporelle permet, à l'aide de la mesure du poids et de la taille d'un individu, d'approximer sa corpulence. Il permet donc de déterminer, dans la plupart des cas, si celui-ci est en sous poids, en surpoids, voire obèse, ou s'il se trouve dans les normes. Cet indice se calcule à l'aide de la formule[3] suivante :

$$IMC = \frac{poids(kg)}{(taille(m))^2}$$

Le tableau[7] ci-dessous permet d'interpréter cette valeur :

Valeur de l'IMC	Corpulence
$< 18{,}5$	En sous poids
18,5-25	En bonne forme
25-30	En surpoids
> 30	Obèse

TABLE 2.1 – Indice de Masse Corporelle

Bien que l'IMC soit un bon outil pour surveiller son poids, il n'est pas fiable dans tous les cas. En effet, dans le calcul de celui-ci, ni la masse musculaire, ni la quantité d'eau présente dans le corps ne sont pris en compte, or une trop forte corpulence est directement liée à une quantité de tissus adipeux trop importante. Il existe donc des individus en parfaite santé physique, plus musclés que la moyenne ayant le même IMC que d'autres ayant de l'embonpoint. Il est donc important de ne pas se fier uniquement à cet indice, et de vérifier par d'autres outils de mesure la quantité de tissus adipeux dans le corps par rapport à celle des tissus musculaires ou la quantité d'eau retenue, par exemple. Par ailleurs, il existe d'autres calculs plus compliqués, prenant en compte les mensurations et le sexe du patient, qui offrent une approximation plus

exacte de la corpulence.

Surveiller sa corpulence est essentiel pour rester en bonne santé. En effet, de nombreux problèmes sont liés à un poids anormal. Le surpoids est, par exemple, une cause directe de maladie telle que le diabète et augmente significativement le risque de problèmes cardio-vasculaires pouvant aller jusqu'à l'AVC. Plus le volume du corps à irriguer via les veines et les artères est important, plus cela demande d'efforts au cœur, ce qui peut provoquer de l'hypertension. Or le cœur d'un individu en surpoids n'a pas été entraîné afin d'améliorer son endurance contrairement aux sportifs et peut donc avoir des difficultés à suivre le rythme.

Le sous poids peut également être source de problèmes de santé liés, dans ce cas-ci, à des carences, puisque le métabolisme soit ne reçoit pas, soit n'assimile pas les nutriments nécessaires à son bon fonctionnement. Par exemple, une carence prolongée en calcium et en vitamines D peut provoquer des problèmes osseux.

2.1.2 Le pouls

Le pouls est la mesure du flux sanguin. Sa valeur permet d'estimer le rythme cardiaque.

Estimation du rythme cardiaque :

L'estimation du rythme cardiaque se fait en comptant le nombre de battements du pouls par minute (unités : BPM, Battements Par Minute). En voici les valeurs normales [21] :

Nouveau-né (de 0 à 3 mois)	De 3 à 6 mois	De 6 à 12 mois	Enfant (de 1 à 10 ans)	Enfant (> 10 ans) adulte et sénior	Athlète adulte bien entraîné
100-150	90-120	80-120	70-130	60-100	40-60

TABLE 2.2 – Table des rythmes cardiaques

- Si le patient à un pouls trop faible par rapport à la moyenne, celui-ci souffre de bradycardie.
  Il y a plusieurs causes possibles :
  1. Les causes non-cardiaques : la bradycardie est alors souvent secondaire à la prise de drogues ou de médicaments, à l'hypothyroïdie, à un déséquilibre électrolytique, à des problèmes auto-immunitaires.
  2. Les causes cardiaques : une maladie cardio-vasculaire, une maladie dégénérative électrique primaire, une ischémie myocardique ou une cardiopathie valvulaire peuvent aussi en être la cause.
- Si le patient a un pouls trop élevé, il souffre alors de tachycardie.
  Il y a également plusieurs causes possibles :
  1. Les causes non-cardiaques : la tachycardie peut être due à une prise de cannabis, d'excitants (caféine, amphétamines, ...) ou de certains médicaments, à l'hyperthyroïdie, à l'ingestion ponctuelle de quantités excessives d'alcool, à du stress ou de l'anxiété, à de la fièvre, ou à la déshydratation.
  2. Les causes cardiaques : l'anémie, l'embolie pulmonaire ou l'insuffisance cardiaque.

2.1.3 La température

La température corporelle de l'homme désigne en général la température moyenne de ses organes. Ceux-ci fonctionnent de manière optimale sous une certaine gamme de température. Contrairement à la croyance populaire, il n'y a pas de température précise du corps humain. En effet, non seulement la température varie d'un individu à l'autre, mais elle varie également selon le moment de la journée à laquelle elle est mesurée (variation allant jusqu'à 0.5°C) ainsi que selon le type de mesure (rectale, orale, axillaire, auriculaire, ...). La température établie comme normale (la moyenne de la température de tous les organes) est : 37 ± 0.2 °C le matin et 37.5 ± 0.2 °C en fin d'après-midi. Néanmoins, des variations de température plus importantes peuvent être signe de changements, voire de problèmes.

Augmentation de la température

- La fièvre : Une température dépassant 37.2°C le matin ou 37.7°C en soirée peut être considérée comme une fièvre. Celle-ci est, dans la plupart des cas, due à une maladie infectieuse. En effet, l'hypothalamus (partie inférieure du cerveau), dont un des rôles est la thermorégulation, peut voir, lors d'une infection, sa fonction de régulation de la température perturbée. La hausse de température peut-être aussi causée par l'hyperthermie.
- L'hyperthermie : Celle-ci se caractérise par une température corporelle dépassant 40°C. Elle est due au fait que le corps produit ou absorbe plus de chaleur qu'il ne peut en dissiper. Elle représente une menace pour la survie et est considérée comme une urgence médicale. Ses symptômes sont des maux de tête, de la fatigue, de l'étourdissement, ... Dans ce cas, il est impératif de réduire la température corporelle (en buvant de l'eau fraîche, en prenant des bains frais, en enlevant tout habit ne laissant pas passer la chaleur, ...) et de consulter un médecin, afin de s'assurer que ce n'est pas le symptôme d'un autre problème.
- Les menstruations : Celles-ci sont en effet responsables d'une certaine hausse de la température corporelle chez la femme en âge de procréer. Cette modification lors de l'ovulation, due aux hormones cette fois-ci, favorise la grossesse.

Diminution de la température

L'hypothermie : On diagnostique l'hypothermie quand la chute de température dépasse 1°C à 2°C par rapport à la température normale. Celle-ci peut être due à une exposition prolongée à de l'air ou de l'eau trop froide, mais peut également être déclenchée médicalement pour certains traitements. Néanmoins, si elle n'est pas contrôlée par des médecins, l'hyperthermie représente un danger pour les fonctions vitales du corps, étant donné que les organes ne sont pas faits pour pouvoir fonctionner sous une certaine température.

2.2 Choix des capteurs

2.2.1 La température

Pour la mesure de la température, quatre types de capteurs ont été envisagés : les thermocouples, le thermomètre infra-rouge, le capteur RTD (Resistance temperature detector) et la thermistance. Leur fonctionnement sera détaillé plus bas. Pour procéder au choix, ces capteurs ont été comparés critère par critère afin de sélectionner, la solution la plus adaptée aux besoins du projet. Les résultats ont été rassemblés dans un tableau.

Les thermocouples

Les thermocouples utilisent un effet thermoélectrique appelé effet Seebeck. Lorsque deux métaux différents sont joints et que leurs jonctions sont à des températures différentes, un voltage thermoélectrique apparait et un courant circule. Une des jonctions fait office de capteur et l'autre est maintenue à température constante afin de servir de référence. La relation entre le voltage et la température mesurée est linéaire dans un intervalle de température restreint, dépendant des métaux utilisés dans le thermocouple. Lorsque les valeurs se situent en dehors de ce domaine, un développement en série est requis pour approximer la température, celui-ci est défini par [18] :

$$V = \sum_n a_n V^n$$

où les coefficients a_n dépendent du thermocouple. Ces capteurs posent plusieurs problèmes. En effet, une des jonctions doit être maintenue à température constante et un effet Seebeck parasite peut apparaitre entre le thermocouple et les fils du microcontrôleur si ceux-ci sont constitués d'un métal différent de celui du capteur.

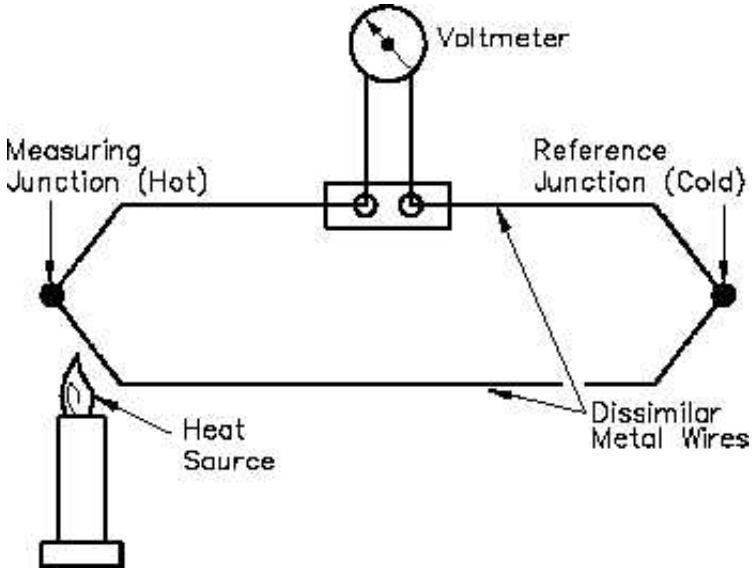


FIGURE 2.1 – Schéma d'un thermocouple standard[18]

Le capteur infrarouge

Le capteur infrarouge pointe dans une direction donnée, capte les radiations thermiques émises par cet endroit et induit une différence de potentiel proportionnelle à la température à l'aide d'un détecteur photosensible. Cependant, il est susceptible de capter les radiations venant

d'autres sources de chaleur et celles-ci pourraient provoquer des interférences. Les données seraient donc faussées.

Les capteurs RTD

La résistance des métaux augmente linéairement avec leur température. Les capteurs RTD se basent sur ce principe. A l'aide d'un simple diviseur de tension, la variation de résistance du RTD provoque une chute de potentiel qui peux être mesurée par l'Arduino, et il sera ainsi possible d'en déduire la température.

Cependant ce type de capteur présente des désavantages : non seulement le passage du courant provoque une perte de chaleur par effet Joule, mais en plus, la résistance du capteur (100Ω à 0°C) ne varie que peu avec la température (approximativement 3 Ω par degré) ce qui rend les résultats plus compliqués à obtenir et moins précis. Un amplificateur doit donc être utilisé afin d'amplifier le signal et obtenir une meilleure précision. De plus, la résistance des fils utilisés dans les branchements ne sont pas négligeables par rapport à la résistance du capteur et ce qui fausse donc les mesures.

Les thermistances

Les thermistances utilisent le même principe que les RTD. Cependant, la composition des capteurs est différente (oxydes métalliques) et la relation liant la résistance de celles-ci et la température n'est alors plus linéaire.
Il existe deux types de thermistance :

- CTN : Thermistance dont la résistance diminue avec la température.
- CTP : Thermistance dont la résistance diminue avant une température donnée et varie ensuite au-dessus d'un seuil critique de température.

La relation entre la température et la résistance du CTN est donnée par la formule[17] de Steinhart-Hart

$$\frac{1}{T} = A + B(ln(R)) + C(ln(R^3))$$

où A, B et C sont des coefficients qui dépendent de la thermistance. La température peut aussi être donnée par la relation[17] (Steinhart-Hart simplifié)

$$T = \frac{\beta T_0}{\beta + T_0 \; ln(\frac{R}{R_0})}$$

où R_0 est la résistance à la température T_0 (298,15 K) et β un coefficient dépendant de la thermistance. Ce capteur présente également le problème d'échauffement mais leur grande résistance (entre 1 kΩ et 1MΩ à 25°C) permet de négliger la résistance des fils du circuit.

Tableau comparatif

Nom du capteur	Thermocouple	Infrarouge	RTD	Thermistance
Gamme de températures mesurables (en °C)	-270 à 2300	-50 à 3000	-250 à 850	-40 à 150
Relation entre la tension mesurée et la température	Presque linéaire	Linéaire	Linéaire	Non linéaire
Sensibilité	10 à 50 μ/°C	Modulable	0,2 à 10 Ω/°C	10 à 100 Ω/°C
Précision (en °C)	0,5 à 5	0,5 à 1,5	0,1 à 1	0,05 à 1,5
Prix	Faible	Relativement élevé	Moyen	Faible
Accessibilité	Oui	Non	Oui	Oui
Facilité d'utilisation	Faible	Faible	Moyenne	Bonne

TABLE 2.3 – Tableau comparatif des capteurs de température

Choix du capteur

Le choix s'est porté sur une thermistance. Malgré la relation non linéaire entre la tension et la température, elle possède de nombreux atouts : une grande sensibilité, une gamme de températures mesurables adaptée à nos besoins (température du corps humain entre 35 et 45 degrés Celsius), une très bonne précision, un prix peu élevé ainsi qu'un circuit simple à réaliser.

2.2.2 La taille

Afin de mesurer la taille, plusieurs méthodes sont envisageables. Il est possible de la déterminer à l'aide d'un capteur infrarouge, à ultrasons ou encore d'un laser.

À ultrasons

Le fonctionnement du capteur à ultrasons est basé sur la réflexion des ondes sonores. Il existe des modules comprenant un émetteur et un récepteur placés sur une plaque. L'émetteur émet une onde sonore dont la fréquence est de 40kHz. Celle-ci est réfléchie par un objet et est ensuite captée par le récepteur. En mesurant la durée entre ces deux évènements, il est possible de calculer la distance séparant l'objet du capteur.

Laser

La mesure de la distance à l'aide du laser se fait par triangulation. Les modules laser pour Arduino sont équipés d'un laser et d'une caméra. Comme illustré sur la figure 2.2.[14], il est possible de déterminer la distance B séparant le capteur et l'objet en connaissant la distance A (distance entre laser et caméra) et les angles ϕ et θ, à l'aide de la loi des sinus [1]. Le point P1 étant le laser, P2 la caméra et P3 l'objet.

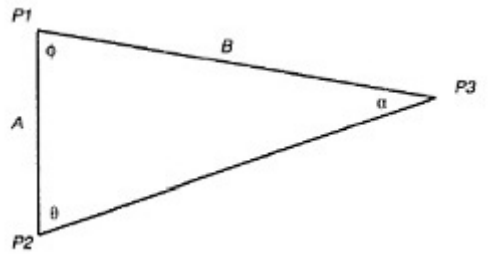


FIGURE 2.2 – Méthode par triangulation

Infrarouge

Concernant l'infrarouge, la détermination de la distance se fait de façon analogue à celle du laser. Le capteur infrarouge se différencie par l'utilisation d'ondes infrarouges au lieu d'une lumière amplifiée.

Tableau comparatif

Afin de déterminer le capteur le plus adéquat pour le dispositif, plusieurs critères doivent être pris en compte. Ainsi, une grande importance a été attribuée à la précision des différents capteurs et à la facilité d'utilisation de ces derniers. La distance mesurable fut également prise en considération. En effet, la plupart des capteurs existants possèdent un petit domaine mesurable. Le prix est aussi un critère important.

1. $\frac{A}{sin\alpha} = \frac{B}{sin\theta} = \frac{C}{sin\phi}$ où $C = \sqrt{A^2 + B^2 - 2AB.cos\phi}$

	Laser	**Infrarouge**	**Ultrason**
Distance mesurable (cm)	15 - 122	20 - 150	2 - 450
Précision	Erreur < 5 %	10 cm	3 mm
Prix (euros)	100	20	4
Utilisation	Il n'existe pas de librairies Arduino afin de déterminer facilement la distance.	La distance peut être déterminée grâce à la différence de potentiel mesurée par le capteur.	Grâce à quelques librairies Arduino, la détermination de distances est assez facile.
Remarques	L'utilisation de lasers peut être dangereuse pour le contact visuel.	Il se peut qu'il y ait des perturbations à cause de la lumière du jour	

TABLE 2.4 – Tableau comparatif des capteurs de distance

Choix du capteur

Le prix du capteur laser est trop élevé et son utilisation est dangereuse en cas de contact visuel, il ne convient donc pas à notre problème, puisque le budget est limité. Le tableau met en évidence la mauvaise précision de l'infrarouge. Par conséquent, le capteur à ultrasons est le plus adapté. Il possède une bonne précision, le prix est abordable et son utilisation est facile dû à l'existence de librairies Arduino.

2.2.3 Le poids

Dans ce chapitre, les différentes solutions envisagées sont exposées suivies des explications du fonctionnement des différents capteurs utilisés.

Construire une balance

Une balance standard est composée de jauges de contrainte ou de piézoélectrique en pont de Wheatstone [2]. Ceux-ci sont placés sous une plaque qui répartit uniformément le poids de l'utilisateur sur les différents capteurs. Il fut donc envisagé de se munir de ces capteurs afin de construire une balance de toutes pièces. Des capteurs piézolélectriques ont été branchés en pont de wheatstone et ensuite à un amplificateur opérationnel mais beaucoup d'interférences rendaient impossible la lecture d'un signal. De plus le système de répartition du poids sur une plaque exigeait une grande précision, cette voie fut donc abandonnée.

Récupérer une balance électronique

Si on arrive à exploiter et à transmettre le signal renvoyé par les capteurs d'une balance électronique à l'Arduino, il est possible d'obtenir le poids du patient. Une balance a été achetée et démontée afin d'avoir accès aux capteurs. Ceux-ci ont été branchés en pont de wheatstone et le signal renvoyé lors de l'utilisation de la balance a été analysé à l'aide d'un voltmètre de grande précision. Les différents tests ont démontré une mauvaise reproductibilité des mesures et de grandes interférences. Cette option a donc été abandonnée.

Transformer une balance mécanique en balance électronique

Un potentiomètre est fixé au système de rotation de l'aiguille de la balance, la résistance de celui-ci varie donc en fonction du poids appliqué. En enlevant la partie supérieure de la balance mécanique et en plaçant un potentiomètre sur l'axe de rotation de l'aiguille, on peut potentiellement récupérer le poids de l'utilisateur.

2. Cf. Annexe

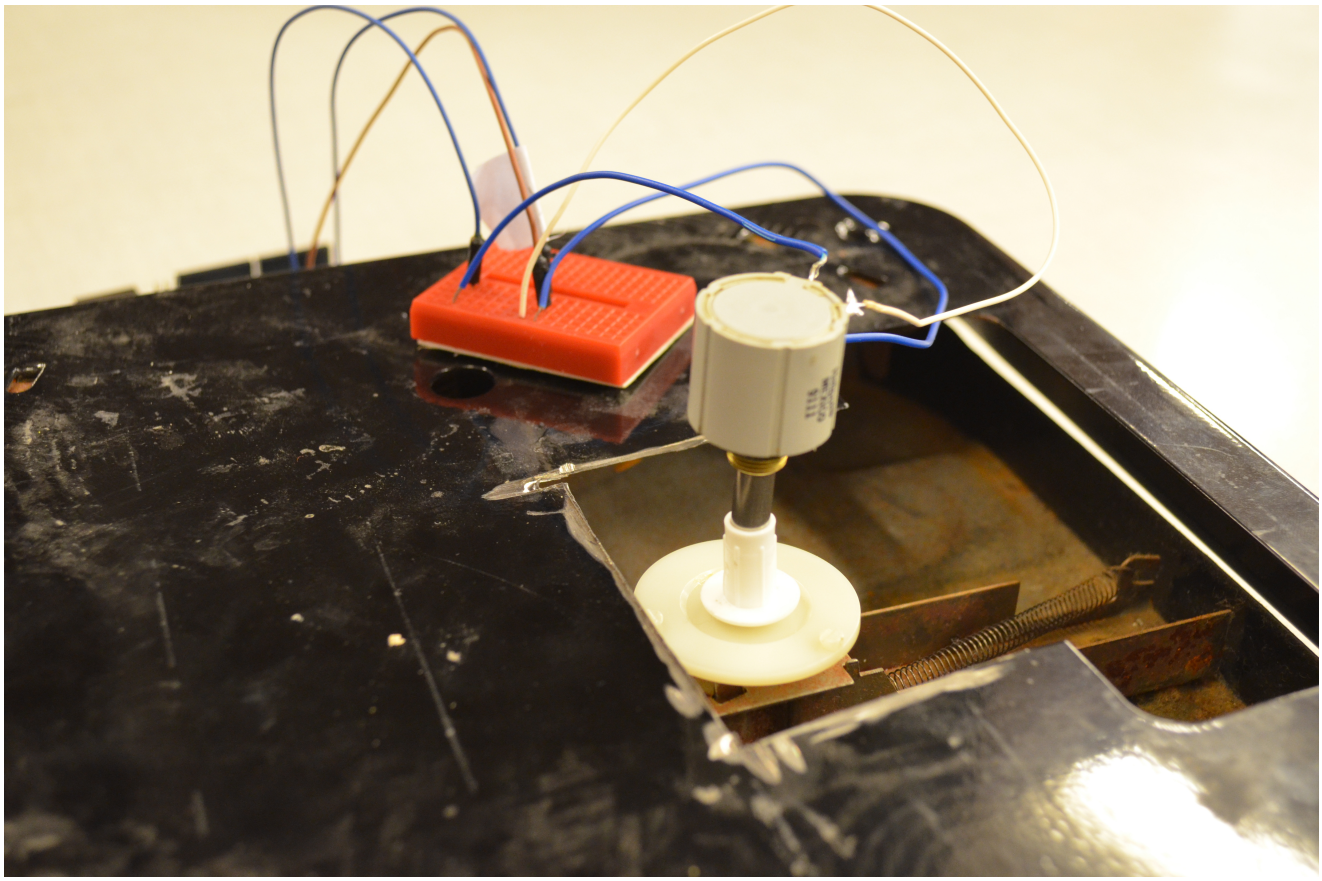


FIGURE 2.3 – Potentiomètre adapté sur une balance mécanique

Malheureusement, le couple exercé par la balance récupérée n'etait pas suffisant pour actionner les différents potentiomètres qui ont été testés. Par contre, le couple produit lorsque l'utilisateur descend de la balance permet d'actionner le potentiomètre. (Il faut donc "rembobiner" le potentiomètre entre chaque mesure)

Ainsi, on arrive à obtenir des valeurs, mais elles sont peu reproductibles : les mesures étant effectuées à la main (pour pouvoir remettre le potentiomètre à 0), la précision n'est pas garantie.

Interfacer une souris d'ordinateur avec une balance mécanique

Il y a quelques années, les PC utilisaient des souris dotées d'un port PS2. Ce dernier est potentiellement lisible par l'Arduino. Or, la roulette présente en dessous de ces souris entraine deux axes (x et y), dont la rotation est captée par un système optique (voir figure 2.4). Ainsi, un de ces axes peux être utilisé comme l'équivalent d'un potentiomètre, ne présentant aucune résistance mécanique !

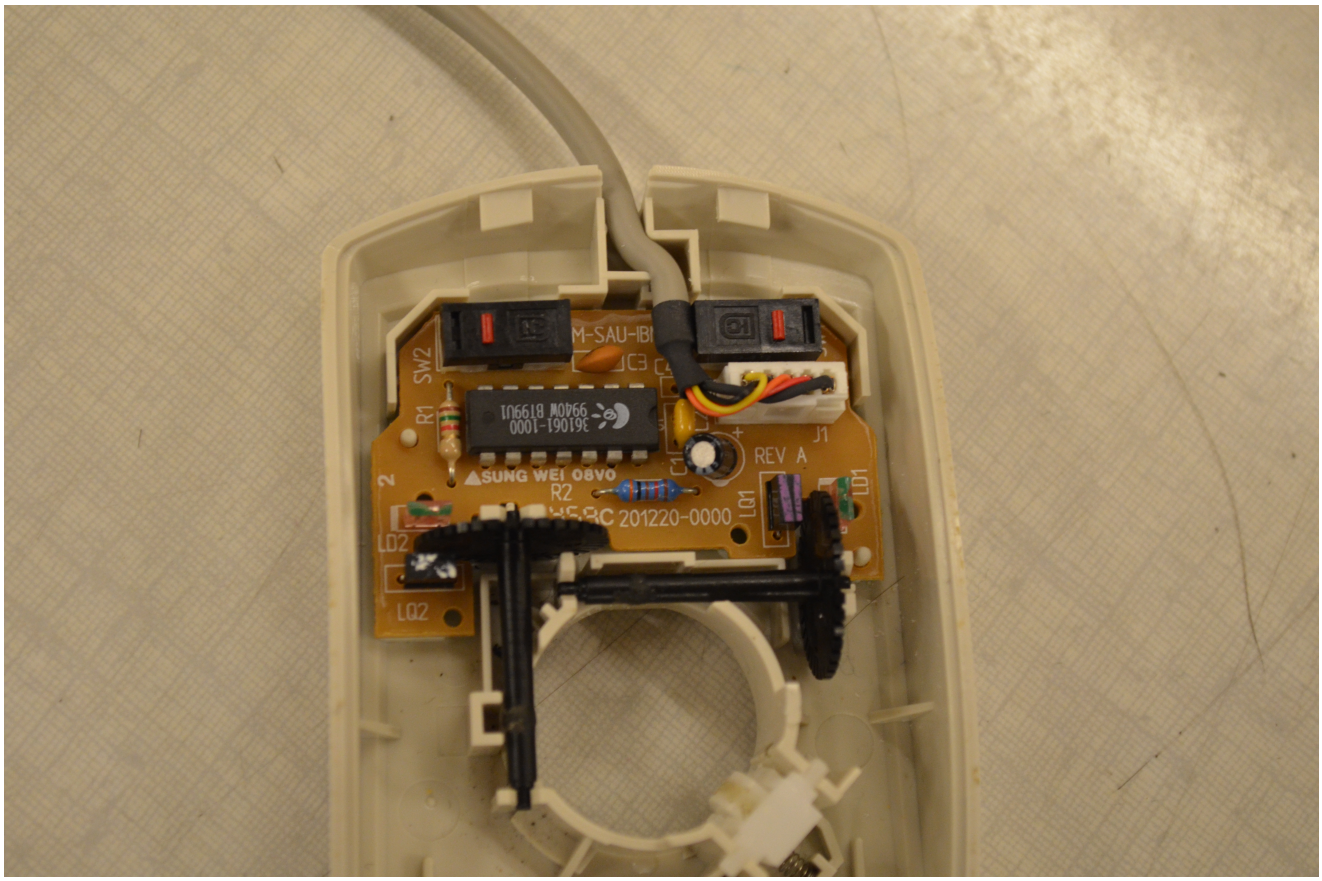


FIGURE 2.4 – Intérieur d'une souris d'ordinateur PS2

Une souris avec un port PS2 a été démontée, et les connexions ont été établies avec l'Arduino en suivant le mode d'emploi d'une librairie Arduino. Cependant, aucun résultat n'a été obtenu. Plusieurs problèmes peuvent en être la cause : souris cassée (probable), librairie Arduino incompatible, mauvais branchement, ... N'ayant pu trouver d'autres souris de ce type, nous nous sommes concentrés sur le potentiomètre.

Capteurs utilisés :

Potentiomètre C'est une résistance dont on peut faire varier la valeur en fournissant un travail mécanique, soit de rotation, soit de translation.

Jauge de contrainte Le fonctionnement d'une jauge de contrainte est basé sur le phénomène du changement de la résistance d'un conducteur en fonction des contraintes qui lui sont imposées. Elle est constituée d'un fin fil conducteur (de l'ordre de quelques microns) agencé comme illustré sur la Figure 2.3.[12] (en noir). Les fils de la jauge de contrainte sont alignés dans la direction de déformation.

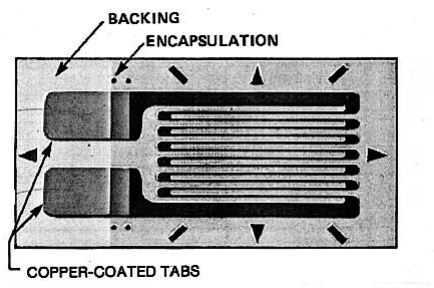


FIGURE 2.5 – Jauge de contrainte

La résistance du fil est donnée par l'équation[1] :

$$R = \rho \frac{L}{s}$$

Où R est la résistance en Ohm, ρ la résistivité en Ohm mètres, L la longueur du fil en mètres et s sa section en mètres carrés. Son élongation entraine donc une augmentation de la résistance.

Capteur Piézoélectrique Le capteur piézoélectrique est basé sur la propriété de certains éléments, comme par exemple le quartz, à se polariser électriquement lorsqu'ils sont soumis à une contrainte mécanique. Inversement, lorsqu'on place un matériau piézoélectrique dans un champ électrique, ce dernier peut effectuer un travail mécanique. La première propriété est celle qui s'applique à une balance.

Tableau comparatif

Afin de sélectionner la solution la plus adaptée à la mesure du poids au sein de la centrale, un tableau de comparaison a été établi, dans lequel se trouvent les avantages et les inconvénients de chaque méthode.

	Avantages	**Inconvénients**
Construire une balance	Fonctionnement de la balance connu	- La précision de la balance n'est pas garantie. - Le prix est relativement élevé car il faut acheter tous les composants.
Utiliser le mécanisme d'une balance	- Prix abordable - Bonne précision	Les propriétés des capteurs sont inconnues.
Souris d'ordinateur avec balance mécanique	- Pas de frottement - Peu cher	Difficile à interfacer et à obtenir
Transformer une balance mécanique en balance électronique	- Prix faible (possibilité de faire de la récupération) - Circuit simple	- Nécessité de démonter la balance et de la modifier afin de permettre l'utilisation d'un potentiomètre. Résistance mécanique du potentiomètre

TABLE 2.5 – Tableau comparatif des options de mesure du poids

Conclusion

Après l'échec de la première idée (récupérer le signal d'une balance à capteurs piézoélectriques), l'utilisation d'un potentiomètre qui serait fixé sur l'axe d'une balance mécanique sembla être la solution la plus faisable.
Une manière de mesurer le poids à partir du potentiomètre a été trouvée, bien qu'approximative. Celle-ci requiert la participation de l'utilisateur : celui-ci doit se placer sur la balance, retirer le potentiomètre pour le remettre à zéro, et en ensuite le replacer. La mesure se fait alors lorsque l'utilisateur descend de la balance. En effet, le couple de retour de la balance est assez élevé pour faire tourner le potentiomètre et donc obtenir une mesure.

2.2.4 Le pouls

La mesure du pouls se fait par photo pléthysmographie, une technique de mesure non-invasive fonctionnant à l'aide d'une LED infrarouge et d'un détecteur de lumière.(voir figure 2.6 [3]) Ce système se place soit au niveau de l'index soit au niveau du lobe de l'oreille. Les globules rouges absorbent la lumière infrarouge et renvoient une partie des rayons qui est captée par le détecteur. Les variations de volume sanguin dues aux pulsations du coeur entrainent des fluctuations dans la quantité de lumière réfléchie. On peut ainsi connaître le pouls du patient grâce à la variation de courant renvoyé par le photodétecteur.

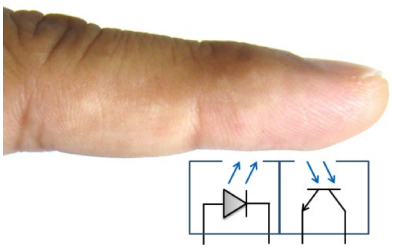


FIGURE 2.6 – Schéma du principe du capteur

Deux types de capteurs ont été envisagées :
- Un capteur comprenant une LED et un phototransistor protégé dans une coque : le TCRT1000
- Concevoir un système composé d'une LED et d'une photodiode

3. http ://embedded-lab.com/blog/ ?p=5508

Chapitre 3

Théorie électronique

3.1 Microcontrôleur

Dans la vie de tous les jours, nous utilisons une panoplie impressionnante d'objets dotés de microcontrôleurs. Tous les produits de contrôle qui sont automatisés en possèdent. Les microcontrôleurs (ou «systèmes embarqués»), possèdent certains composants présents dans les ordinateurs.

La structure générale est simplifiée par rapport à ces derniers, et l'échelle est différente. Il y a plusieurs raisons d'utiliser un microcontrôleur plutôt qu'un ordinateur :
- plus petit
- moins puissant (donc consomme moins)
- moins cher

3.2 Architecture générale

Les ordinateurs et microcontrôleurs ont plusieurs aspects en commun :
- le CPU (Central Processing Unit), c'est le cœur de la machine, celui qui «exécute» le programme
- de la mémoire RAM (Random Access Memory) pour stocker des données variables
- de la mémoire ROM (Read-Only Memory) pour stocker les programmes qui vont être exécutés
- des appareils I/O (Input et Output), pour permettre la communication avec le monde extérieur.

Ceci dit, beaucoup de détails peuvent varier dans la composition d'un microcontrôleur. Le type de mémoire, le nombre de ports, certaines options supplémentaires sont autant d'éléments qui conditionnent le prix, la taille de l'appareil. Un exemple d'option supplémentaire est l'ADC (Analog to Digital Conversion), un composant présent dans l'Arduino.

3.3 Arduino

Arduino est un projet «open source» qui rassemble un ensemble d'éléments : d'un coté un circuit imprimé comprenant un microcontrôleur, et de l'autre, un ensemble d'outils permettant d'utiliser relativement facilement le «hardware».

Le circuit imprimé apporte certains éléments au ATmega328 (microcontrôleur présent sur l'Arduino), comme un ADC, une connexion USB, un accès facilité aux différents pins de

l'ATmega328, une LED, un bouton, entre autres choses.

D'autre part, le projet Arduino apporte à l'utilisateur une interface facilitée pour programmer le microcontrôleur. On programme dans un IDE (Environnement de développement intégré) en «langage Arduino» (du C simplifié), qui va ensuite être injecté dans l'ATmega328.L'IDE se charge de compiler le programme, de charger le «firmware» Arduino (ce qui permet au microcontrôleur de «comprendre» le langage Arduino) et de l'installer sur le microcontrôleur.

3.4 Entrées et sorties disponibles

L'Arduino Duemilanove, que nous avons à disposition, est doté de 14 entrées/sorties numériques (digital input/output), dont 6 peuvent être utilisés comme sortie PWM (Pulse Width Modulation, voir explications plus bas). La plateforme dispose aussi de 6 entrées analogiques (analog input).

3.5 Entrées analogiques

Grâce à l'ADC (Analog to Digital Conversion), les librairies présentes dans le «firmware» Arduino permettent à l'utilisateur de mesurer une différence de potentiel (de 0 à 5 volts), à l'aide d'une simple commande.

Le convertisseur fonctionne en 10 bit, c'est à dire qu'il ne peut retourner qu'un intervalle comprenant $2^{10} = 1024$ valeurs. Ainsi, les différences de potentiel de 0 à 5 volts correspondent à des valeurs entières de 0 à 1023. La précision est alors de $\frac{5}{1024} = 0,0049$ volts.

Ces entrées sont utiles notamment quand elles sont utilisées avec des capteurs à résistance variable. Lorsque la résistance du senseur varie, la différence de potentiel captée varie également. La thermistance utilisée dans ce projet fonctionne sur ce principe.

3.6 Entrées/sorties numériques

3.6.1 Entrées

Ces entrées sont simplement un moyen de recevoir un signal numérique. L'information est codée en binaire, sous forme de 0 et de 1 (LOW ou HIGH en langage Arduino).

Sorties

De même, les sorties numériques de l'Arduino transmettent un 0 (LOW : 0 volt) ou un 1 (HIGH : 5 volts). Ceci permet, par exemple, de contrôler l'allumage d'une LED.

3.7 Pulse Width Modulation

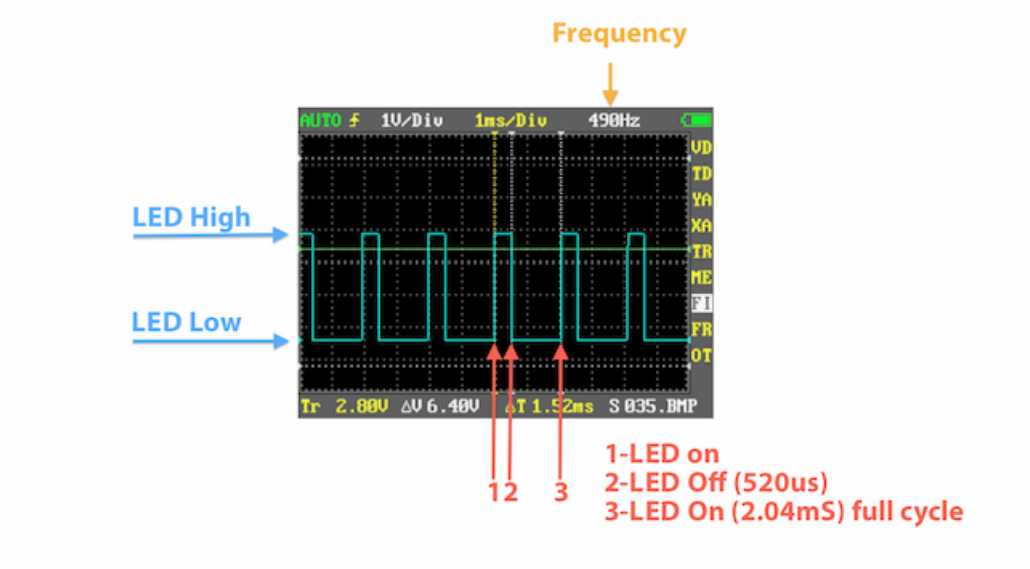


FIGURE 3.1 – Sorties PWM

Les sorties PWM permettent, comme le montre la figure 3.1.[11], de transmettre un signal numérique (constitué de 0 et de 1, donc), sous forme de pulsations (signal carré). La particularité de ce système est de pouvoir moduler la durée d'une pulsation donnée. Pour reprendre l'exemple énoncé plus haut, un signal comme celui présent sur le schéma permet d'allumer et d'éteindre la LED très rapidement. Un humain qui regarde la lumière clignoter aussi rapidement a alors l'impression qu'elle est allumée en permanence, mais avec une intensité plus faible que lorsque le signal transmis est 1 à tout moment (HIGH : 5 volts).
En variant les durées des pulsations, on peut donc jouer sur «l'intensité perçue» de la LED. Tout ceci se réalise facilement à l'aide des librairies Arduino.

Chapitre 4

Montage électronique

4.1 Capteurs

4.1.1 La taille

Nous avons choisi, comme capteur à ultrasons, le HC-SR04 grâce à son prix abordable et à son accessibilité.

Montage

Le montage du module ne nécessite pas de composant additionnel. En effet, le capteur HC-SR04 contient déjà les résistances et les amplificateurs dont il a besoin dans le circuit imprimé sur lequel se trouvent l'émetteur et le récepteur à ultrasons. Il possède quatre broches : deux pour l'alimentation (VCC et GND) et deux pour l'actionnement de l'émetteur («TRIG») et du récepteur («ECHO»). Il suffit donc de les connecter sur l'Arduino, tel que représenté sur la Figure 4.1. [1] Le module doit être alimenté par une tension de 5V.

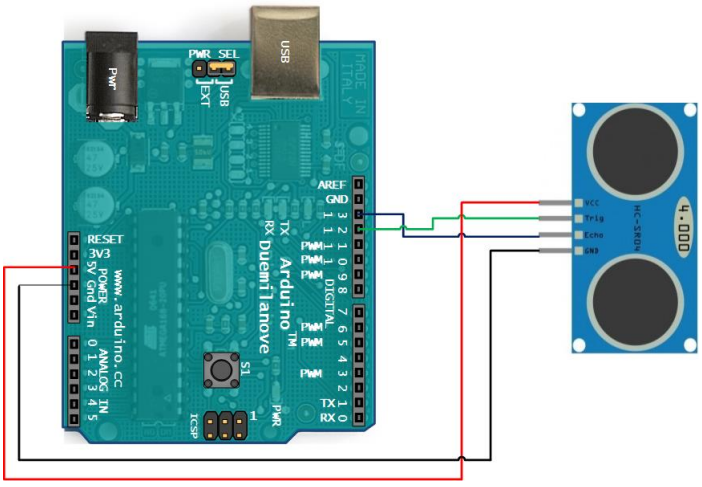


FIGURE 4.1 – Montage du module HC-SR04

Comme mentionné dans le paragraphe sur les capteurs à ultrasons, il est possible de calculer la distance parcourue par le signal en connaissant l'intervalle de temps entre son émission et sa réception. Afin d'actionner l'émetteur, il faut envoyer une pulsation électronique d'environ 10μs (mettre la broche « TRIG » dans un état « HIGH » pendant 10μs). Durant le temps de parcours de l'onde, c'est-à-dire le temps d'un aller-retour du

1. Schéma réalisé à l'aide d'une image provenant de la source [4]

module à l'objet, la broche « Echo » se trouve dans un état « HIGH » (voir figure 4.2 [2]). La distance peut alors être calculée grâce à la formule[19] :

$$d = \frac{t_H.v}{2}$$

Où d est la distance mesurée en mètres, t_H le temps durant lequel la broche « Echo » se trouve dans un état « HIGH » en secondes et v la vitesse du son en mètres par seconde (v=340 m/s)

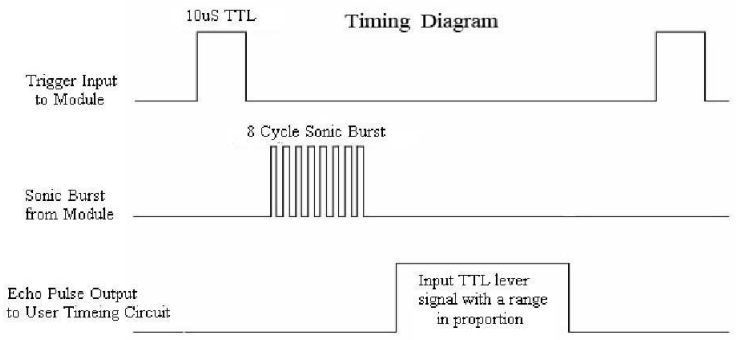

10uS TTL
Timing Diagram
Trigger Input to Module
8 Cycle Sonic Burst
Sonic Burst from Module
Echo Pulse Output to User Timeing Circuit
Input TTL lever signal with a range in proportion

FIGURE 4.2 – Schéma du capteur à ultrasons

Tests

Après avoir branché le module avec l'Arduino et programmé ce dernier pour qu'il renvoie les données désirées, nous avons effectué des tests afin de déterminer la précision du capteur et de l'étalonner le cas échéant.

Procédure

Pour vérifier la précision du capteur, nous avons effectués plusieurs mesures de distances allant de 10 à 90 cm avec le module HC-SR04 et nous avons entré ces valeurs dans un tableau Excel. Ainsi, nous avons pu obtenir un graphique et déterminer la droite de régression.

Résultats

En suivant le démarche exposée au paragraphe précédent, nous avons obtenu le graphique suivant en portant sur l'axe des abscisses la distance mesurée par l'Arduino et en ordonnée celle par le mètre.

2. http ://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf

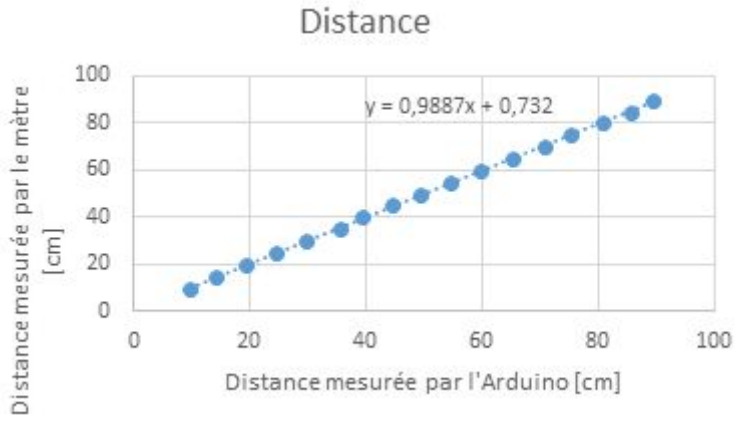


FIGURE 4.3 – Graphique de la distance obtenu avec Excel

La droite de régression obtenue a pour équation :

$$d_m = 0.9887.d_U + 0.732$$

Où d_m est la distance corrigée en mètres et d_U la distance mesurée avec le capteur en mètres. Grâce à cette modification, le prototype est capable de mesurer la distance avec une précision de 7mm. Cette dernière est supérieure à celle donnée par le fabriquant (3mm). Pour connaitre la vitesse exacte du son au moment de la mesure un système d'étallonage a été mis en place. Ainsi avant de prendre la mesure le capteur calcul le temps mis pour parcourir une distance connue et fixe ceci permet de connaitre la vitesse du son et d'avoir une mesure de la hauteur la plus précise possible.

4.1.2 La température

Pour mesurer la température, nous avons donc choisi une thermistance de 10 kΩ à 25°C et dont le β est de 3988 K.

Montage

Pour réaliser le montage adéquat, nous avons utilisé deux résistances de 10kΩ et une thermistance de 10kΩ à 25°C. La formule suivante permet d'avoir une bonne précision dans un certain domaine de température :

$$\frac{R_0}{R_1} = e^{(\frac{\beta}{T_0})}.\frac{T_H.e^{-(\frac{\beta}{2T_H})} - T_L.e^{-(\frac{\beta}{2T_L})}}{-T_H.e^{-(\frac{\beta}{2T_H})} + T_H.e^{-(\frac{\beta}{2T_L})}} [17]$$

Où R_0 est la résistance de la thermistance à la température T_0 en Ohms, R_1 la résistance aux bornes de laquelle on va mesurer la différence de potentiel avec l'Arduino en Ohms, β une constante caractéristique de la thermistance en degrés Kelvins , T_0 la température à laquelle la résistance de la thermistance vaut R_0 en degrés Kelvins, T_H la température la plus grande du domaine en degrés Kelvins et T_L la température la plus basse du domaine en degrés Kelvins.

En tenant compte du fait que la température corporelle se trouve dans un domaine de valeurs allant de 36°C à 42°C, la résistance à laquelle la différence de potentiel est mesurée

peut être déterminée. Pour faciliter les calculs nous avons pris, comme borne inférieure 35°C et comme borne supérieure 45°C. En injectant toutes les valeurs dans la formule, nous trouvons : $R_1 \approx 5k\Omega$

N'ayant pas de résistance de 5kΩ, nous avons mis deux résistances de 10 kΩ en parallèle pour obtenir une résistance équivalente à 5kΩ . Nous avons alors monté la thermistance et les deux résistances en parallèle de façon à obtenir un diviseur de tension comme le suggère la Figure 4.3. [3]

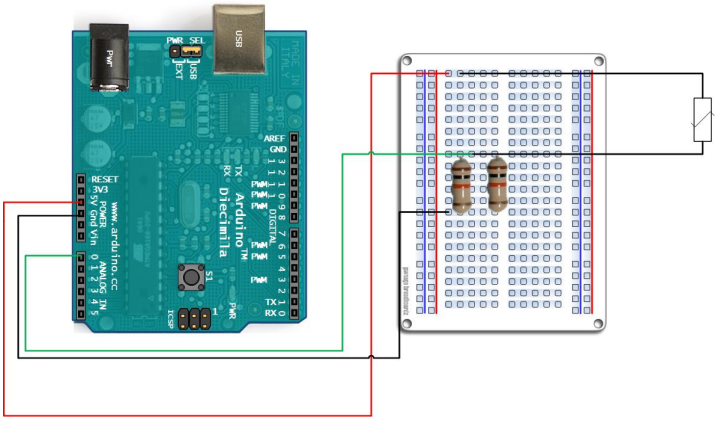


FIGURE 4.4 – Montage de la thermistance

En analysant le montage, nous avons pu établir une relation entre la différence de potentiel mesurée avec l'Arduino et la résistance de la thermistance. Nous obtenons donc :

$$R_T = R_1.(\frac{V_S}{V_0} - 1)[16]$$

Où R_T est la résistance de la thermistance à la température recherchée en Ohms, R_1 la résistance à laquelle on mesure la différence de potentiel en Ohms, V_0 la différence de potentiel mesurée par l'Arduino en Volts et V_S la tension d'alimentation en Volts.
En calculant R_T à l'aide de cette formule et en remplaçant dans la formule de Steinhart-Hart simplifiée, nous obtenons la température.

Test

Après avoir fait le montage de la thermistance et programmé l'Arduino pour prendre les mesures nécessaires, nous avons réalisé des tests afin de déterminer la précision du capteur et de l'étalonner le cas échéant.

Procédure

Pour pouvoir tester la thermistance nous avons chauffé de l'eau à l'aide d'une bouilloire. Lorsque l'eau avait atteint 40 °C, nous avons relevé la température toutes les 24 secondes à l'aide d'un thermomètre de laboratoire et de la thermistance. En portant toutes les données dans un tableau Excel, nous avons pu obtenir un graphique et déterminer la droite de régression.

3. Schéma réalisé à l'aide d'une image provenant de la source [4]

Résultats

En suivant la démarche exposée au paragraphe précédent, nous avons obtenu le graphique suivant en portant sur l'axe des ordonnées la température mesurée par le thermomètre et en abscisse la température mesurée par la thermistance.

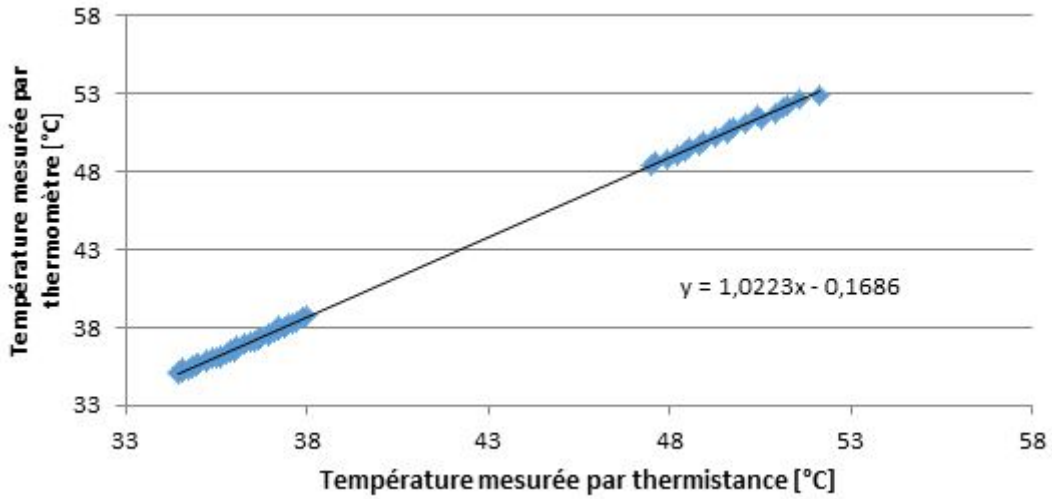


FIGURE 4.5 – Graphique obtenu avec Excel

La droite de régression obtenue a pour équation :

$$T_m = 1.0223.T_T - 0.1686$$

Où T_m est la température modifiée en degrés Celsius et T_T est la température calculée à partir de la thermistance. Après cette modification, la température mesurée ne diverge que de 0.1 °C de la température du thermomètre, ce qui est donc une approximation satisfaisante.

4.1.3 Le poids

Nous nous sommes procurés une balance, celle-ci fonctionnait à l'aide de 4 capteurs piézoélectriques situés aux quatre coins de la balance. Nous avons débranché les fils qui les reliaient au microcontrôleur de la balance et les avons branchés en un pont de Wheatstone. Malheureusement, malgré de nombreux tests, aucun résultat concluant n'a été obtenu en effet les valeurs de sortie de tension variaient très faiblement avec la variation de poids (1 mV/40kg) et la tension initiale n'était pas constante. Dès lors il a été décidé de se concentrer sur une autre option : transformer une balance mécanique en balance électronique. Pour le moment aucun avancement n'a été fait dans la construction mais nous disposons déjà d'une balance mécanique fonctionnelle.

4.1.4 Le pouls

Plusieurs montages ont été envisagés :
Un montage très simple a été réalisé en plaçant simplement la LED du TCRT1000 en série avec une résistance. Cependant, le signal était très faible et il y avait de nombreuses interférences. Le même résultat a été obtenu avec la LED et la photodiode mais les interférences étaient encore plus grandes.

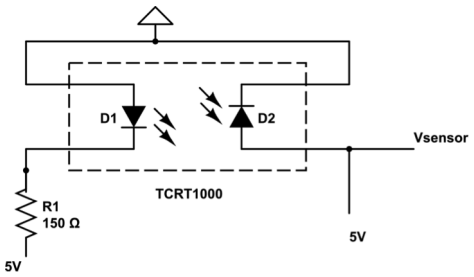


FIGURE 4.6 – Schéma du fonctionnement du capteur

Il a alors été nécessaire d'envisager un circuit plus compliqué afin de traiter le signal. Ce circuit devait comporter un amplificateur afin d'augmenter la valeur du signal et de filtres afin d'éliminer les interférences. A ce jour aucun circuit n'a produit un signal satisfaisant ni avec le TCRT1000 ni avec la photodiode.

4.2 Ecran LCD

Le module contenant l'écran LCD et les boutons étant conçu pour l'Arduino, il suffit de le superposer directement à ce dernier. Il n'y a donc aucun branchement particulier à faire.

FIGURE 4.7 – LCD encastré dans sa boîte en bois

Chapitre 5

Alimentation

Dans le cahier des charges, il était également demandé de déterminer le nombre de mesures pouvant être effectuées avant que la centrale, alimentée par une pile de 9V, ne soit plus fonctionnelle. En effet, il est possible d'alimenter l'Arduino non seulement à travers un ordinateur en connectant le microcontrôleur via un port USB ou bien de l'alimenter tout de suite à partir d'une pile.

Afin que la centrale santé n'ait pas besoin d'être connectée à un ordinateur, une pile a été choisie afin d'alimenter l'Arduino, et donc les différents capteurs. Le microcontrôleur pouvant être alimenté par une tension de courant entre 7 et 12 volts, une pile de 9V a été choisie. Cette dernière sera connectée à un adaptateur et ensuite à deux pins de l'Arduino, comme le suggère la figure 5.1.

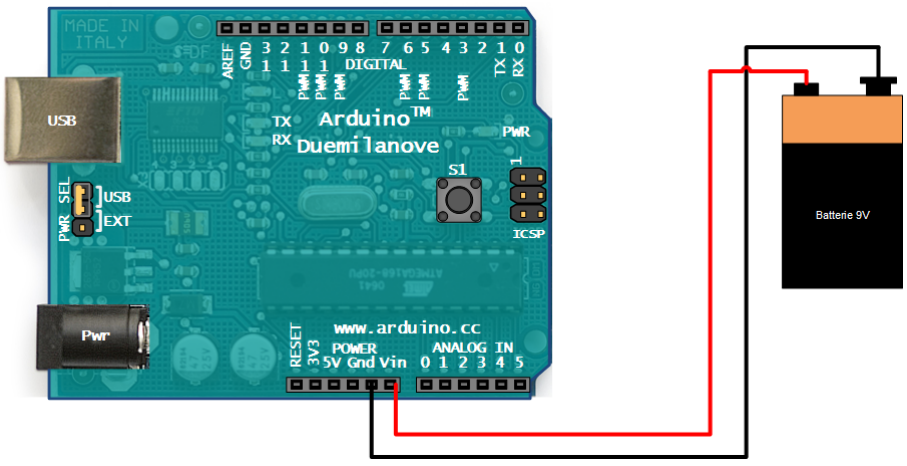


FIGURE 5.1 – Alimentation de l'Arduino par pile

Afin de déterminer le nombre de tests pouvant être effectués, il a été décidé de procéder de la manière suivante : À l'aide d'un multimètre, le courant fourni par la pile a été déterminé. Lorsque tous les composants sont connectés à l'Arduino, le multimètre affiche un courant de 60 mA. Sachant qu'une pile de 9V peut fournir environ entre 500 et 600 mAh, le temps de fonctionnement de la batterie peut être calculé approximativement. De plus, sachant qu' un test complet (Taille, Poids, BMI et Température) se fait en plus ou moins une minute, le temps que la pile pourra alimenter l'ensemble peut être calculée.

Le nombre d'heures que le microcontrôleur peut être alimenté par la pile est :

$$\frac{600mAh}{60mA} = 10h$$

À partir de cela, le nombre de mesures pouvant être effectuées est de :

$$\frac{10*3600s}{60s} = 600$$

L'utilisateur de la centrale santé pourra donc effectuer 600 tests complets.

Chapitre 6

Mémoire EEPROM et interface avec l'utilisateur

6.1 Mémoire EEPROM

6.1.1 Introduction

L'Arduino possède une mémoire, appelée EEPROM, correspondant à un certain nombre d'emplacements capables de stocker chacun un byte de données. La mémoire de notre Arduino contient 1024 emplacements. Le stockage peut se réaliser grâce à la librairie EEPROM et à l'aide de la fonction write(adresse,valeur), où l'adresse est un entier positif représentant l'emplacement dans lequel la valeur s'enregistre. La difficulté que nous devons relever consiste à trouver une méthode pour associer les valeurs aux types de mesures et aux différents utilisateurs dans la gestion du stockage.

6.1.2 Gestion de la mémoire

Les résultats des mesures

Un « float » est codé sur 32 bits, ce qui correspond à quatre bytes. Deux choix s'offrent à nous : soit stocker des « floats », ce qui prend beaucoup de place sur l'EEPROM, soit trouver le moyen de convertir ces floats en entiers sans causer trop de pertes en précision.

Pour résoudre ce problème, nous avons opté pour la deuxième solution. D'une part, cela permet d'augmenter la quantité de tests pouvant être effectués sans devoir brancher l'Arduino à un ordinateur. D'autre part, la précision apportée est suffisante : par exemple, la taille étant mesurée au centimètre près, elle peut être stockée uniquement sous forme d'entiers codés sur un byte (de 0 à 255).

Les différentes mesures sont enregistrées de différentes manières, en faisant apparaitre des entiers. Pour le poids, nous avons pris une précision $0.5kg$. Ainsi, dans la mémoire EEPROM, 0 correspond à $0kg$, et 240 à $120kg$. En ce qui concerne la taille, nous avons déjà dit plus haut que celle-ci se lie directement à un entier, ce qui signifie que la valeur 0 dans la mémoire s'associe à $0cm$ et 150 à $150cm$.

Pour la température, nous avons imposé 35 °C comme zéro de référence et 45 °C à la valeur 100. En effet, cette échelle permet de simplifier les calculs. De plus, les mesures ne doivent, normalement, pas dépasser ces valeurs. Par ailleurs, la même précision que celles des thermomètres conventionnels a été utilisée pour la température, c'est-à-dire 0.1 °C. Finalement, pour

le pouls, cela se résout aussi facilement que la taille car ses valeurs sont directement associées à des entiers.

Toutefois, un problème reste encore à résoudre : comment associer les différentes mesures aux différents utilisateurs.

Type de mesure et utilisateur

Afin d'identifier le type de mesure et l'utilisateur à qui elle appartient, l'enregistrement d'une prise de donnée se fait sur deux emplacements mémoire. Le premier donne les informations sur l'utilisateur et le type de mesure, et le deuxième donne sa valeur, comme indiqué sur la figure 6.1.

33	50	11	200	22	126	42	105
1re mesure		2e mesure		3e mesure		4e mesure	

FIGURE 6.1 – Schéma du système d'allocation de Mémoire

Ainsi, un entier se trouve à l'emplacement précédant un résultat. La partie des dizaines correspond à l'utilisateur et celle des unités au type de mesure, 0 étant le poids, 1 la taille, 2 le BMI, 3 la température et 4 le pouls. Par exemple, la deuxième mesure sur la figure 6.1 correspond à la taille du premier utilisateur (le nombre associé aux utilisateurs commence à 1) et celle-ci serait de 200cm.

6.2 Écran LCD

Afin que l'utilisateur puisse interagir avec la centrale et sélectionner les tests qu'il désire effectuer, l'Arduino a été muni d'un LCD. Ce dernier permet également de voir les résultats des différentes mesures sans devoir connecter le microcontrôleur à un ordinateur. En dessous du LCD, quatre boutons permettent à l'utilisateur d'interagir avec l'Arduino.

Le schéma illustré par la figure 6.2 permet au lecteur de mieux comprendre les explications qui suivent. Le programme contient quatre menus différents :

Choix de l'utilisateur :
permet à l'utilisateur de s'identifier parmi une liste de noms.
Choix du test :
permet à l'utilisateur de choisir quels tests il désire effectuer.
Résultats :
permet à l'utilisateur de voir les résultats des différents tests.
Gestion de la mémoire :
permet à l'utilisateur d'effacer la mémoire EEPROM ou bien de connecter l'Arduino à un ordinateur pour extraire les données.

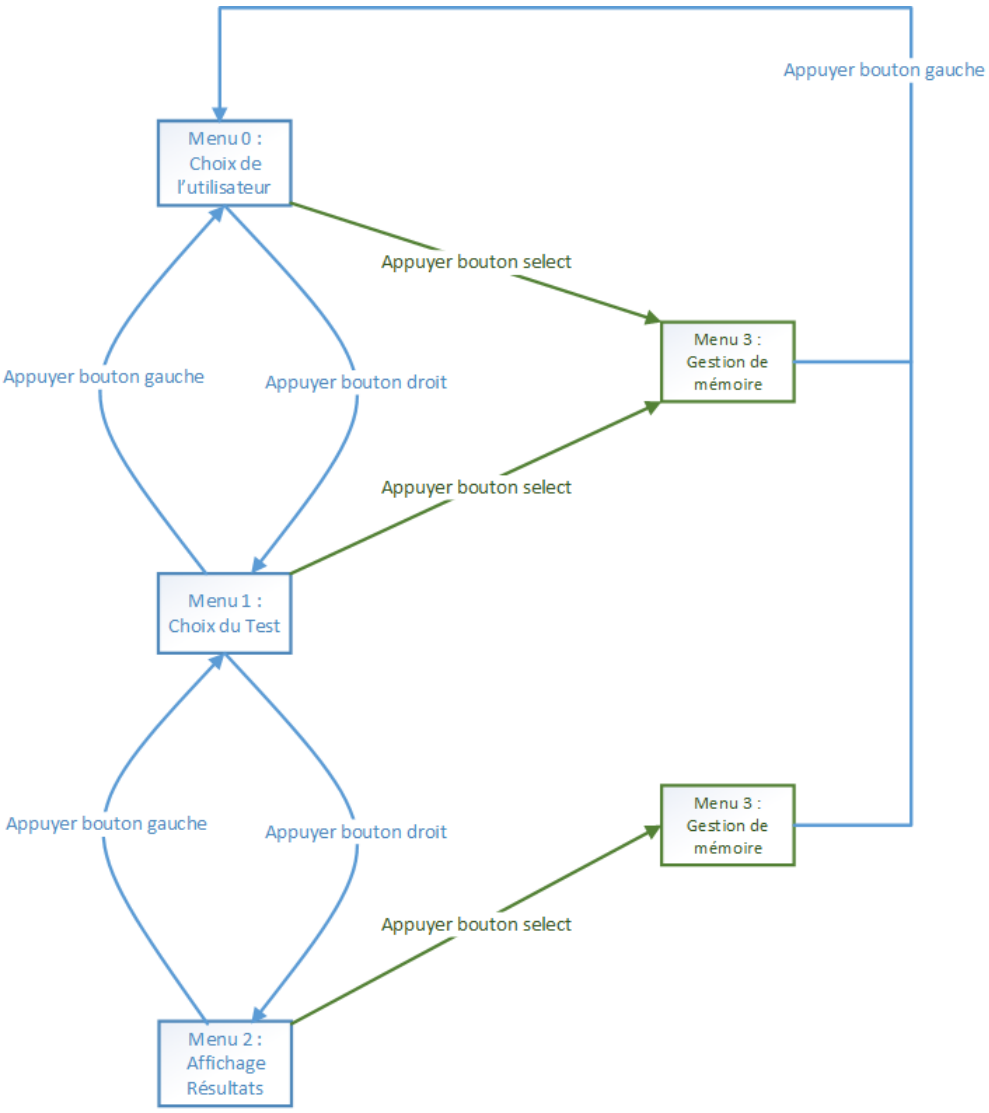

Appuyer bouton gauche
Menu 0 : Choix de l'utilisateur
Appuyer bouton select
Menu 3 : Gestion de mémoire
Appuyer bouton gauche
Appuyer bouton droit
Appuyer bouton select
Menu 1 : Choix du Test
Appuyer bouton gauche
Appuyer bouton droit
Menu 3 : Gestion de mémoire
Appuyer bouton select
Menu 2 : Affichage Résultats

FIGURE 6.2 – Schéma de la programmation de l'écran LCD

Dans le code, chaque menu est représenté par un entier. Ainsi, le menu qui permet de choisir le nom de l'utilisateur est désigné par 0, celui permettant de choisir les tests par 1 et ainsi de suite. Les boutons « RIGHT » et « LEFT » servent à passer d'un menu à l'autre, comme le montre la figure 6.2, à l'exception du menu de gestion de la mémoire, qui lui est accessible à tout instant en appuyant sur « SELECT ».

À chaque menu est associé une liste contenant les chaînes de caractères devant s'afficher à l'écran. Une variable de type « integer » permet de parcourir les différentes listes. Cette variable est incrémentée par le bouton « DOWN » et décrémentée par le bouton « UP ». Pour la clarté du schéma ceci n'a pas été représenté. À chaque passage d'un menu à l'autre la variable qui parcourt les listes est réinitialisée à 0.

6.3 Connexion à l'ordinateur

Le stockage de données dans la mémoire EEPROM de l'Arduino permet un nombre de mesures relativement important (de l'ordre de 500, c'est à dire un peu plus de 100 contrôles santé complets). Ceci dit, ces informations ne sont pas utiles tant que l'utilisateur ne peut

avoir une vue générale de l'évolution de ces mesures. Ainsi, en transférant ses données vers un ordinateur, il sera capable d'analyser son "historique médical".

6.3.1 Rapatriement des données sur l'ordinateur

Cette phase s'opère en deux étapes : l'utilisateur exécute un script python sur l'ordinateur puis, depuis le menu sur l'Arduino, lance le transfert. Cependant, pour comprendre cet échange, il est nécessaire de voir comment fonctionne la communication Serial.

Communication Serial

Le protocole Serial est un mode de transfert des données dans lequel les informations sont envoyées bit après bit. L'Arduino est doté d'un port Serial, et est donc capable d'interagir avec un ordinateur. En Python, il suffit d'importer une bibliothèque pour pouvoir communiquer en Serial.

Le mode de fonctionnement d'une telle communication est représenté sur le schéma suivant :

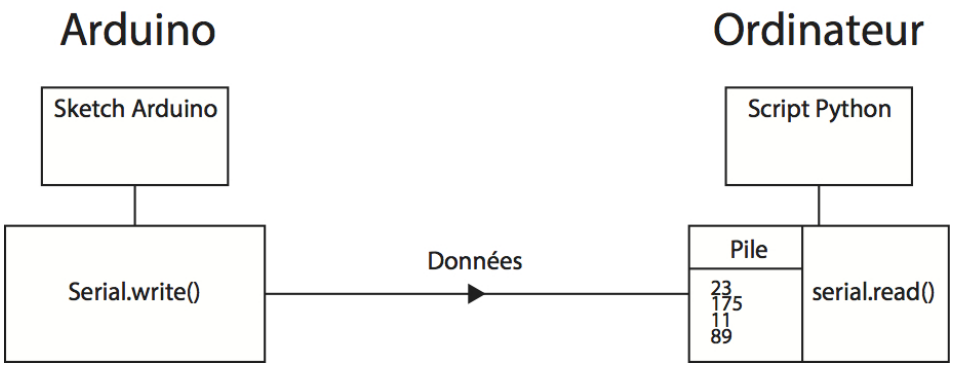


FIGURE 6.3 – Schéma de la communication Serial

Dans le code qu'exécute l'Arduino, on lui demande d'envoyer un byte (qui n'est autre qu'une des valeurs présente dans l'EEPROM) par Serial. Les données sont envoyées vers l'ordinateur, et stockées dans une pile. Elles s'accumulent donc, jusqu'à ce que l'instruction doive récupérer le première valeur de la pile (ce que fait serial.read() en Python). Celle-ci disparait alors, et la valeur suivante est prête à être récupérée. Dans le schéma ci-dessus, un premier serial.read() va donner «23», et si on le fait une seconde fois, «175».

Côté Arduino

Sur l'Arduino, il suffit de récupérer les données dans la mémoire EEPROM afin de les envoyer via le port Serial, avec la commande Serial.write(valeur). Tout ceci se déroule lorsque l'utilisateur choisit "connexion PC" dans le menu présenté par l'écran LCD.

Il y a néanmoins un point à garder en compte lors de cette synchronisation : il faut que l'ordinateur et l'Arduino suivent un timing semblable. Sinon, des données risquent d'être perdues dans la pile, si l'envoi est trop rapide. Il y a donc un temps d'attente entre chaque envoi depuis l'Arduino, et entre chaque réception en Python.

Côté Ordinateur

Une fois lancé, le script python entre dans une boucle en attendant la première valeur envoyée par l'Arduino. Ensuite, il récupère un à un les bytes provenant du microcontrôleur, avec le même timing que l'envoi, pour les transformer en entiers (les valeurs envoyées par l'Arduino sont transformées en ASCII lors du transfert).

Il ne reste plus qu'à analyser et traiter ces différentes valeurs selon le système de stockage des données choisi (expliqué dans la partie «Type de mesure et utilisateur»), et d'écrire les résultats dans les fichiers correspondants.

6.3.2 Stockage des données

Le stockage sur l'ordinateur se fait par un système de fichiers. Chaque utilisateur correspond à un fichier, dans lequel les mesures sont rangées en colonnes. Par exemple, la première colonne correspond à la taille.

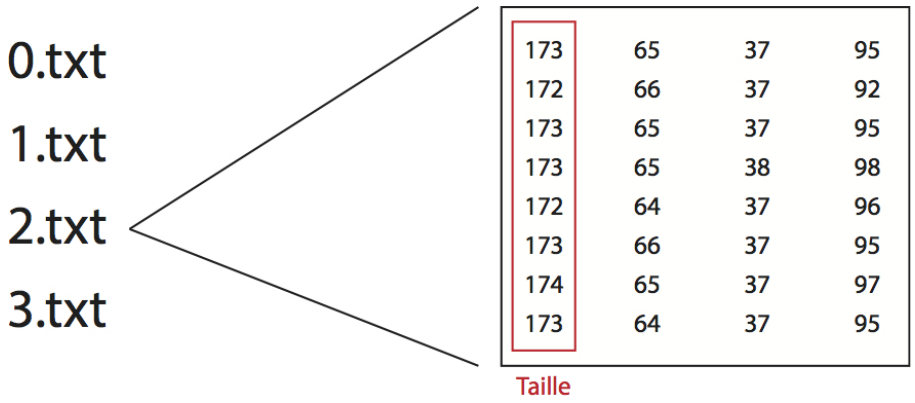


FIGURE 6.4 – Schéma du stockage des données

Ainsi, dans Matlab, il est aisé de récupérer ces informations en vue de les afficher dans l'interface graphique.

6.3.3 Affichage des données

L'interface graphique, créée avec Matlab, permet d'afficher l'historique des données des utilisateurs. Grâce à l'outil "GUIDE" présent dans Matlab. Il est relativement facile de mettre en place une GUI (Graphical User Interface).

Nous avons décidé de mettre les différentes mesures dans le même graphique (bien qu'il soit possible de n'afficher qu'une mesure pour plus de précision), afin de pouvoir établir une corrélation entre les données. Ainsi, l'utilisateur pourra remarquer, en un coup d'oeil, que son pouls au repos, ainsi que son poids, ont diminué depuis qu'il a commencé à faire du sport.

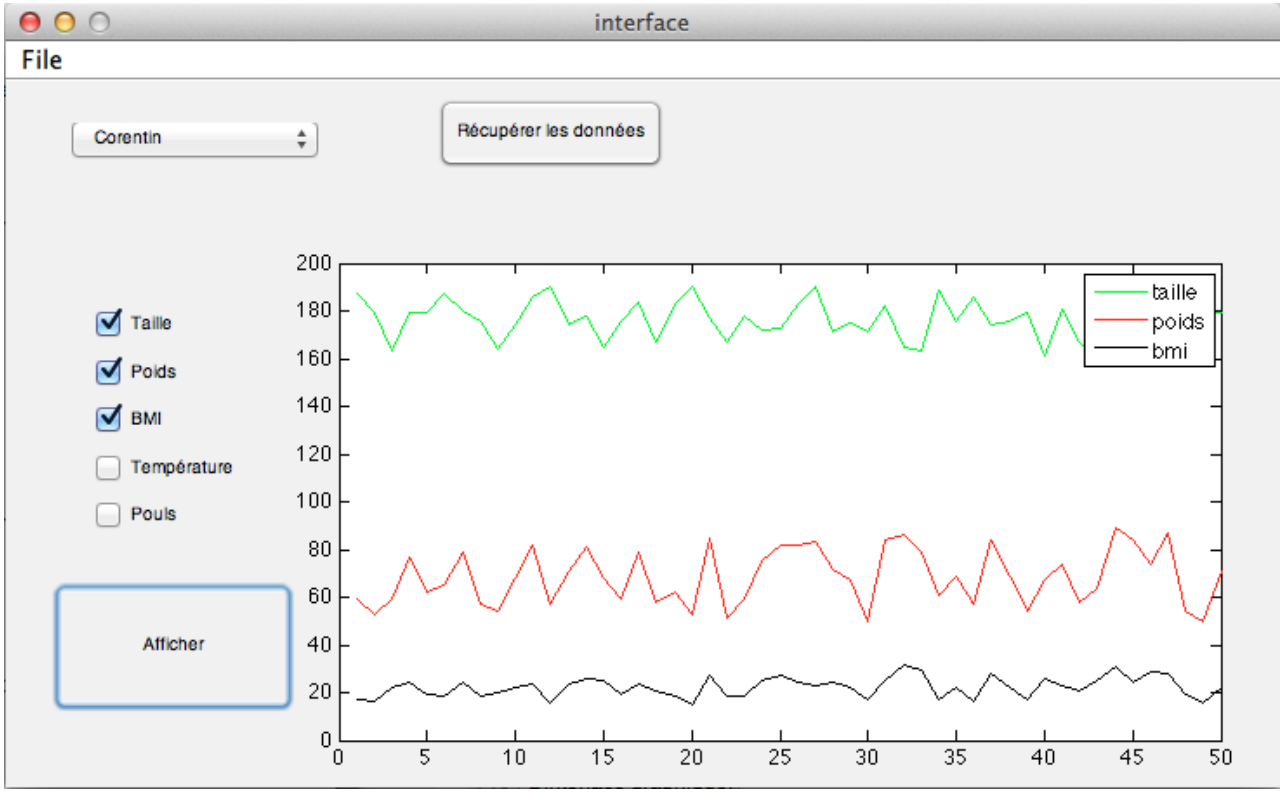


FIGURE 6.5 – Interface Graphique

Sur la figure ci-dessus, les données ont été générées aléatoirement et ne représentent donc aucunement l'évolution d'un humain.

Chapitre 7

Budget

Voici le budget du prototype décrit dans ce présent rapport :

Articles	**Prix (en euros)**
Bois (structure)	6
Balance	19,99
Potentiomètre	7
Thermistance	2,99
Capteur pouls	2,95
Capteur à ultrasons	3,05
LCD	10
Pile	6,99
Arduino	25
Total	83, 97

Table 7.1 – Budget

Chapitre 8

Fonctionnement de groupe

Le groupe est composé de six étudiants. Le travail a été divisé en plusieurs parties : les capteurs, l'interface graphique et la construction. Il a d'abord fallu identifier les compétences nécessaires à la réalisation du projet, à savoir la compréhension des composants électroniques, la manipulation de leurs circuits.Les tâches ont été réparties en fonction des abilités de chacun.Il a finalement fallu rédiger un rapport succinct et présenter le prototype lors d'une représentation orale.

Grâce à des moyens de communication tels qu'un partage de fichiers Dropbox (www.dropbox.com), un forum, un blog et un groupe Facebook ; il a été simple de s'organiser et de se répartir les tâches. De plus, des réunions, structurées grâce à un animateur et un secrétaire, étaient organisées toutes les semaines afin de voir l'avancement de chacun.

Chapitre 9

Conclusion

Pour conclure ce rapport, nous pouvons dire que les résultats de la conception et de la construction d'une « centrale santé intégrée » auxquels nous avons aboutis sont assez satisfaisants dans l'ensemble. En effet, nous avons obtenus deux capteurs qui fonctionnement correctement : une thermistance qui mesure la température corporelle à 0.1 °C près et un capteur à ultrasons qui mesure la taille avec une précision de 7mm. Les résultats pour la mesure du poids et du pouls sont, quant à eux, encore perfectibles. Pour le poids, nous avons un système de balance et de potentiomètre qui nous renvoie des valeurs encourageantes, mais qui n'est pas encore assez ergonomique. Pour le pouls, nous avons un circuit composé de capteurs optiques qui nous offre un signal qu'il reste à filtrer correctement.

De plus, nous sommes parvenus à synchroniser les capteurs fonctionnels avec l'écran LCD de sorte que l'utilisateur puisse interagir avec l'appareil et l'utiliser à bon escient. Nous avons également élaboré un système de stockage des données afin que l'utilisateur puisse se créer un historique et suivre son évolution. Pour assembler le tout, nous avons monté une structure en bois légère et pliable, sur laquelle nous avons fixé tous les composants. Une fois les deux derniers capteurs intégrés, l'appareil pourrait être testé par un échantillon d'utilisateurs, ce qui permettrait d'évaluer dans la pratique les améliorations possibles de notre prototype.

Une question intéressante à se poser à la fin d'un projet comme celui-ci est que ferions-nous différemment si nous pouvions recommencer depuis le début ?

Ce qui est clair, c'est que nous devrions nous mettre plus tôt à travailler directement avec les capteurs. En effet, nous avons consacrés trop de temps aux recherches sur ceux-ci, alors que les problèmes principaux rencontrés concernaient plus la mise en place des circuits et des branchements que la compréhension de ceux-ci. De plus, c'est toujours lors de test que les problèmes apparaissent. Consacrer plus de temps à la construction aurait certainement permis d'obtenir des résultats plus probants pour certains capteurs (notamment le pouls).

De plus, toujours au cours de la construction, ce qu'il aurait certainement fallu faire est de demander plus d'aide. En tant qu'ingénieur, il est important de pouvoir se tourner vers la bonne personne capable d'aider à trouver rapidement une solution adéquate à un problème.

FIGURE 9.1 – Photo du prototype final

Table des figures

2.1 Schéma d'un thermocouple standard[18] 5
2.2 Méthode par triangulation 8
2.3 Potentiomètre adapté sur une balance mécanique 11
2.4 Intérieur d'une souris d'ordinateur PS2 12
2.5 Jauge de contrainte 13
2.6 Schéma du principe du capteur 14

3.1 Sorties PWM 17

4.1 Montage du module HC-SR04 18
4.2 Schéma du capteur à ultrasons 19
4.3 Graphique de la distance obtenu avec Excel 20
4.4 Montage de la thermistance 21
4.5 Graphique obtenu avec Excel 22
4.6 Schéma du fonctionnement du capteur 23
4.7 LCD encastré dans sa boîte en bois 23

5.1 Alimentation de l'Arduino par pile 24

6.1 Schéma du système d'allocation de Mémoire 27
6.2 Schéma de la programmation de l'écran LCD 28
6.3 Schéma de la communication Serial 29
6.4 Schéma du stockage des données 30
6.5 Interface Graphique 31

9.1 Photo du prototype final 35

C.1 Circuit complet 41

Liste des tableaux

2.1 Indice de Masse Corporelle 2
2.2 Table des rythmes cardiaques 3
2.3 Tableau comparatif des capteurs de température 7
2.4 Tableau comparatif des capteurs de distance 9
2.5 Tableau comparatif des options de mesure du poids 13

7.1 Budget 32

Annexe A

Certifications

Un dispositif médical est un appareil destiné à effectuer des diagnostics, des contrôles ou des traitements d'une maladie, d'une blessure ou d'un handicap. Son action n'est pas obtenue par des moyens pharmacologiques ou immunologiques, mais elle peut être assistée par ceux-ci.

La sécurité de ces dispositifs médicaux est indispensable et plusieurs réglementations selon les différentes sortes d'appareils existent. En ce qui concerne notre centrale santé intégrée, nous devons nous référer à l'arrêté royal du 18 mars 1999 relatif aux dispositifs médicaux.

Trois services publics sont responsables du contrôle des dispositifs médicaux : l'Agence Fédérale des Médicaments et des Produits de Santé (AFMPS) ; le Service Public Fédéral (SPF) Economie, P.M.E., Classes moyennes et Energie ; et l'Agence Fédérale de Contrôle Nucléaire (AFCN). Ils se répartissent les différentes compétences (description dans l'annexe XIII de l'arrêté royal).

Les producteurs doivent concevoir et fabriquer les dispositifs médicaux de telle sorte à ce que, lors de leur utilisation, ils ne compromettent pas la sécurité des patients. Ils sont répartis en quatre classes selon le risque lié à leur utilisation (description dans l'annexe IX de l'arrêté royal).

Si un incident survient celui-ci doit être immédiatement signalé à l'AFMPS par les fabricants, les commerçants et les médecins.

Voici quelques exigences essentielles tirées de l'annexe I de l'arrêté royal[5] :

- [...] 7.1. Les dispositifs doivent être conçus et fabriqués de façon à assurer les caractéristiques et les performances visées à la Section Iere " Exigences générales ". Une attention particulière doit être apportée : au choix des matériaux utilisés, notamment en ce qui concerne les aspects de la toxicité et, le cas échéant, de l'inflammabilité ; à la compatibilité réciproque entre les matériaux utilisés, les tissus et les cellules biologiques, ainsi que les liquides corporels en tenant compte de la destination du dispositif ; le cas échéant, les résultats des recherches en biophysique ou de modélisation dont la validité a été préalablement démontrée. [...]

- [...] 7.2. Les dispositifs doivent être conçus, fabriqués et conditionnés de manière à minimiser le risque que présentent les contaminants et les résidus pour le personnel participant au transport, au stockage et à l'utilisation ainsi que pour les patients, conformément à la destination du produit. Une attention particulière doit être donnée aux tissus exposés ainsi qu'à la durée et à la fréquence d'exposition. [...]

- [...] 9.1. Lorsque le dispositif est destiné à être utilisé en combinaison avec d'autres dispositifs ou équipements, l'ensemble de la combinaison, y compris le système de raccordement,

doit être sûr et ne pas porter atteinte aux performances prévues des dispositifs. Toute restriction d'utilisation doit figurer sur l'étiquetage ou dans la notice d'instructions. [...]

- [...] 10.1. Les dispositifs ayant une fonction de mesurage doivent être conçus et fabriqués de manière a fournir une exactitude et une constance de mesurage suffisantes, dans des limites d'exactitude appropriées en tenant compte de leur destination. Les limites d'exactitude sont indiquées par le fabricant. [...]

- [...] 10.2. L'échelle de mesure, de contrôle et d'affichage doit être con ccue suivant des principes ergonomiques, en tenant compte de la destination du dispositif. [...]

- [...] 10.3. Les mesures effectuées par les dispositifs ayant une fonction de mesurage doivent être exprimées en unités légales en conformité avec les dispositions de la loi du 16 juin 1970 sur les unités, étalons et instruments de mesures. [...]

- [...] 12.1. Les dispositifs comportant des systèmes électroniques programmables doivent être conçus de façon à assurer la répétitivité, la fiabilité et les performances de ces systèmes conformément à l'utilisation prévue. Dans l'éventualité où le système se trouve en condition de premier défaut, il convient de prévoir les moyens nécessaires pour supprimer ou réduire autant que possible les risques pouvant en découler. [...]

- [...] 12.3. Les dispositifs raccordés à une source d'énergie externe dont dépend la sécurité des patients doivent comporter un système d'alarme signalant toute défaillance de cette source. [...]

- [...] 12.4. Les dispositifs destinés à surveiller un ou plusieurs paramètres cliniques d'un patient doivent être munis de systèmes d'alarme appropriés permettant de prévenir l'utilisateur des situations pouvant entraîner la mort du patient ou une dégradation grave de son état de santé. [...]

- [...] 13.1. Chaque dispositif doit être accompagné des informations nécessaires pour pouvoir être utilisé correctement et en toute sécurité, en tenant compte de la formation et des connaissances des utilisateurs potentiels et des informations nécessaires pour permettre d'identifier le fabricant. [...]

Annexe B

Codes

Les codes seront distribués lors de la présentation orale.

Annexe C

Circuit complet

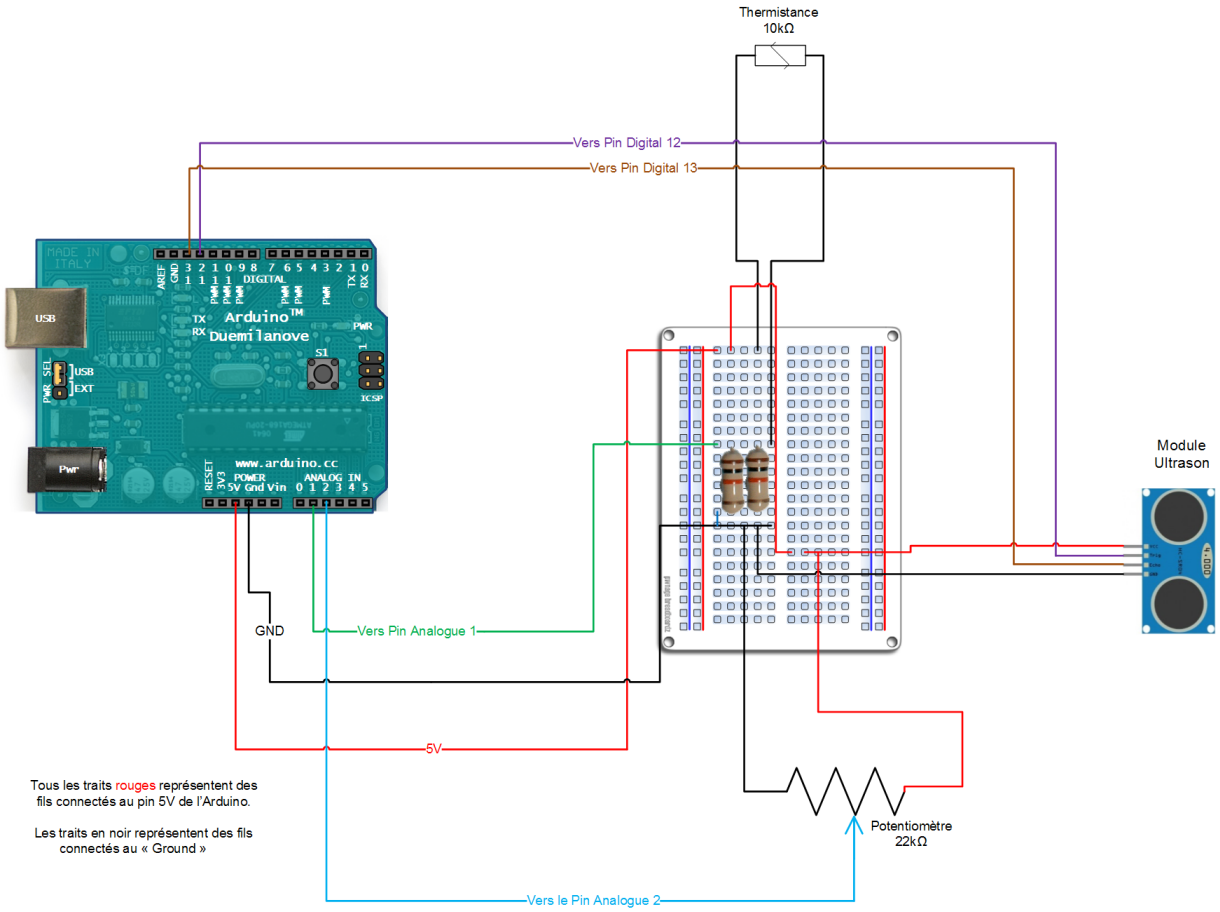


FIGURE C.1 – Circuit complet

Projet BA2 - Biomed 2012-2013 - Debeir O.

Centrale santé intégrée

Objectifs

Pour évaluer l'état de santé d'une personne, plusieurs paramètres sont habituellement utilisés. Ces paramètres sont d'ordre morphologiques et physiologiques. On trouvera par exemple le poids, la taille, le tour de taille, l'indice de masse corporelle, la fréquence cardiaque au repos, l'oxymétrie, la température, ...

L'objectif de ce projet est de faire un inventaire des paramètres qui sont habituellement relevés par exemple lors d'une visite de routine chez le médecin et d'en sélectionner un sous ensemble pouvant être mesurés automatiquement à l'aide d'un système à microcontrôleur.

Le dispositif doit permettre un affichage et une interaction simple ainsi que proposer une interface vers un ordinateur pour permettre par exemple l'exportation des données ou proposer un affichage plus complexe (graphique, historique, etc).

Les objectifs didactiques de ce projet sont multiples.

- Le problème proposé est concret et nécessite une mise en oeuvre matérielle **et** logicielle.
- Le projet intègre une phase de **modélisation**, de **calibration** et de **validation**.
- Le projet requiert la mise en oeuvre de circuit **électroniques** de base ainsi que
- de la **programmation** (langage **C** pour le microcontrôleur, et langage **Python** pour l'interface PC).

Le projet vise à développer les capacités de communications des étudiants par:

- l'obligation de mettre en oeuvre un **répositoire** logiciel,
- la rédaction d'un **rapport** remis en fin de projet,
- la présentation d'une **défense** orale devant un jury en fin de projet ainsi que

- par la tenue d'un **blog** public sur base journalière.

Description

On trouvera ci-après le cahier des charges minimum que le dispositif devra offrir à l'utilisateur. Le système devra permettre à l'aide d'une interface utilisateur ergonomique (simple et efficace), de démarrer une séance d'acquisition des paramètres vitaux repris ci-après:

- mesure du poids
- mesure de la taille
- calcul et affichage du BMI (body mass index)
- être utilisable par tous

En outre le dispositif doit être autonome :

- affichage autonome
- alimentation par piles
- facilement déplaçable

Le prototype devra être bien décrit, en particulier en terme de consommation et d'autonomie :

- estimation de la durée de vie des piles en veille et estimation du nombre maximum de mesures
- estimation de la précision et de la reproductibilité des mesures
- plans de réalisation de qualité
- logiciel mis en oeuvre bien commenté

Bien entendu les options reprises ci-dessus peuvent être étendues, il faut faire preuve d'imagination :

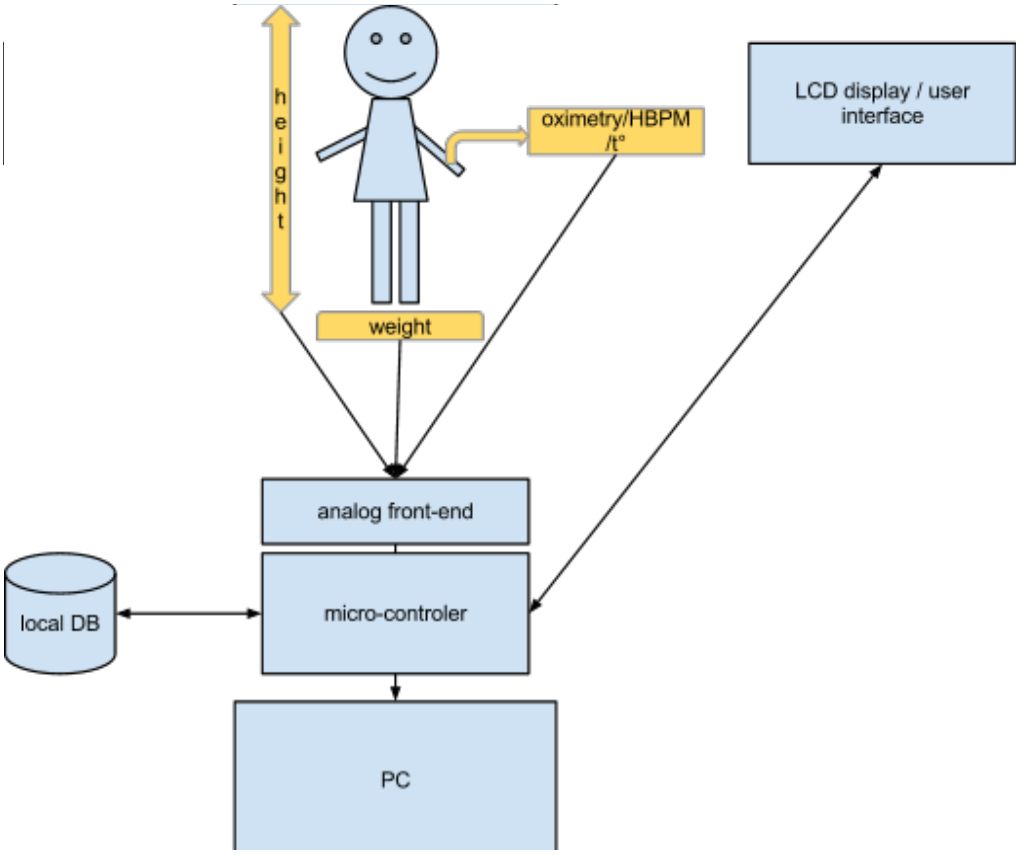
- paramètres optionnels (par ex.):
    - oxymétrie sanguine
    - fréquence cardiaque
    - température corporelle
    - tour de taille
    - Body adiposity index[1]

- fonctionnalités suplémentaires:
    - enregistrement de chaque examen dans une base de donnée (+date et heure)
    - extraction des données vers un pc + affichage graphique
    - reconnaissance automatique de l'utilisateur parmi un nombre limité (par exemple une famille)

Le schéma ci-dessous reprend quelques caractéristiques de base que devrait offrir le prototype développé.

---

[1] Conway, JM; Norris, KH; Bodwell, CE (1984). "A new approach for the estimation of body composition: Infrared interactance". The American journal of clinical nutrition 40 (6): 1123–30. PMID 6507337.



Blog

Lors du projet tout sera consigné sous forme de blog mis à disposition de la communauté. L'idée étant de donner une idée de l'avancement du projet au jour le jour, en y publiant les schémas, démos, remarques, problèmes rencontrés, etc
La rédaction du rapport final pourra bien entendu s'inspirer grandement du blog, le blog permet quant à lui une plus grande souplesse de la présentation et du type de données présentées (vidéo, code source, data, etc).
Le blog doit être tenu régulièrement depuis le début du projet, il ne s'agit pas d'une mise en ligne d'un rapport final.
Il existe de nombreux sites permettant d'hoster votre blog : http://wordpress.com/, etc

Répositoire

Le projet va inévitablement mener au développement de programmes informatiques. Chaque groupe mettra en place un répositoire de code source pour permettre l'échange d'abord en interne entre les membres du groupe, mais aussi en externe vis-à-vis des autres personnes intéressées. Il existe des outils et des sites très utiles pour cela : bitbucket ou github pour ne citer que deux des plus connus.

ressources :

- éditeur de circuit en ligne
- Instrumentation Amplifier with Precision Voltage Reference
- pulsomètre
- fournisseur RS-components

personnes ressource :

- électronique : Michel Osée
- programmation :
- gestion du projet : Laurent Lonys, Antoine Nonclerq, Arnauld Schenkel

matériel :

- microcontrôleur:
    - arduino
    - pinguino - alternative à l'arduino basé sur le microcontroleur PIC

- module ultrason
- module LCD:
    - texte
    - graphique

Calendrier

voir site du BAPP Polytech

Rapport de recherche bibliographique

Groupe 3 :
BAILLY Manon, DAMSKI Lola, LECOMTE Marceau, MARTINS PINTO Diogo, MOUADEN Yasmine, POCHET Corentin

05/11/2012

Table des matières

1. Introduction : 2
2. Les résultats des recherches bibliographiques 2
2.1. Données médicales 2
2.2. Les microcontrôleurs et leur programmation 5
2.3. L'Arduino et ses périphériques 7
3. Les bases de données et moteurs de recherche utilisés 14
3.1. Google 14
3.2. ScienceDirect 14
3.3. SpringerLink 14
3.4. PubMed 14
3.5. Google Scholar 14
3.6. Arduino 14
3.7. Techniques de l'ingénieur 15
3.8. Summon 15
4. Conclusion : 15
5. Annexe : Bibliographie 16
5.1. Documents électroniques 16
5.2. Documents classiques 19

Rapport recherche bibliographique Projet biomédical : Centrale Santé Intégrée

1. Introduction :

Dans le cadre du projet d'année de 2e Bachelier à l'Ecole Polytechnique de Bruxelles, il était demandé d'effectuer des recherches afin de constituer une bibliographie solide sur laquelle se baser en vue de réaliser le projet : « La Centrale Santé Intégrée », et d'en rédiger le rapport.

Pour entreprendre cette recherche bibliographique, il a fallu visualiser les différentes étapes nécessaires à la conception du projet. A partir de là, une liste des différents sujets qui nécessitaient des recherches bibliographiques a pu être établie ainsi que les mots-clefs associés. Ceux-ci ont été recherchés dans divers moteurs de recherche. Ce document en livre les principaux résultats.

2. Les résultats des recherches bibliographiques

2.1. Données médicales

2.1.1. Le poids, la taille et l'Indice de Masse Corporelle (IMC)

Français	Anglais
Etat nutritionnel	Nutritional status
Indice de Masse Corporelle	Body Mass Index
Belgique	Belgium

2.1.1.1. Google avec l'équation : **« état AND nutritionnel AND Belgique »**

Résultat :
Institut Scientifique de Santé Publique. *Section épidémiologie : Enquête de santé belge par interview*[1].

[1] Voir dans bibliographie, documents électroniques (5.1), n°15
[2] Voir dans bibliographie, documents électroniques (5.1.), n°11

Pertinence : Ce document constitue les résultats de l'enquête de santé par interview sur la population belge en 2008 effectuée pour l'Etat. Il s'y trouve l'IMC (Indice de Masse Corporelle) moyen de la population belge, pour les hommes et pour les femmes. Il nous sera donc utile lors de la vérification des résultats lors des tests sur le prototype ainsi que lors de la rédaction du rapport.

2.1.1.2. Google avec l'équation **« Body AND Mass AND Index AND definition »**

Résultat :
Centers for Disease Control and Prevention. *Healthy Weight : Adult – About BMI*[2].

Pertinence : C'est une fiche réalisée par le « Centers Disease Control and Prevention » du gouvernement américain, où on y trouve la définition et l'interprétation de l'IMC. De la même façon que le document précédent, celui-ci nous sera utile lors des tests et de la réalisation du rapport.

2.1.1.3. CIBLE, dans la partie santé, avec l'équation **« Body AND Mass AND Index »**

Résultat :
McINTOSCH, A. *Parental Time and Obesity*[3].

Pertinence : C'est un livre sur l'évolution du poids chez l'enfant, celui-ci défini clairement l'Indice de Masse Corporelle et comment l'interpréter au fil des âges. Ce livre sera utile à l'utilisateur pour que celui-ci puisse interpréter les valeurs mesurées.

2.1.2. La température corporelle et sa mesure

Français	Anglais
Température corporelle	Body temperature
Température	Temperature
Infrarouge	Infrared
Thermomètre	Thermometer
Capteur	Sensor
Oreille	Ear

[2] Voir dans bibliographie, documents électroniques (5.1.), n°11
[3] Voir dans bibliographie, documents classiques (5.2.), n°6

2.1.2.1. Google avec l'équation : **« Température AND corporelle »**

Résultat :
Le site santé du Ministère des Affaires Sociales et de la Santé. *Canicules et chaleurs extrêmes : Fiches n° 1-5 : Mesures de la température corporelle.*[4]

Pertinence : C'est le site du ministère de la santé français, c'est donc une source où se trouve des informations générales concernant la température. Il nous servira lors des tests afin de vérifier la véracité de nos mesures.

2.1.2.2. CIBLE, dans la partie santé, avec l'équation **« temperature »** :

Résultat :
HOUDAS, Y ; GUIEU, J. D. *La fonction thermique*[5].

Pertinence : C'est un ouvrage scientifique concernant la température corporelle et sa régulation. Il nous sera utile pour la rédaction du rapport.

2.1.2.3. PubMed avec l'équation : **« infrared AND thermometer AND sensor AND ear »**

Résultat :
BRÄUER, A., BRAUN, U., FRITZ, U., ROHRBERG, M., LANGE, C., WEYLAND, W. *Infrared temperature measurement in the ear canal with the DIATEK 9000 Instatemp and the DIATEK 9000 Thermoguide. Comparison with methods of temperature measurement in other body parts*.[6]

Pertinence : C'est un article médical, concernant la prise de température dans l'oreille par infrarouge, qui donne des conseils d'utilisation pour ce type de thermomètre.

2.1.3. La tension artérielle et le pouls

Français	Anglais
Pouls	Pulse
Tension artérielle	Arterial blood pressure
Mesurer	Measure

[4] Voir dans bibliographie, documents électroniques (5.1.), n°19
[5] Voir dans bibliographie, documents classiques (5.2.), n°3
[6] Voir dans bibliographie, documents électroniques (5.1.), n°7

2.1.3.1. Google avec l'équation **« measuring AND pulse AND arterial AND blood AND pressure »**

Résultat : Centers for Disease Control and Prevention. *National Health and Nutrition Examination Survey : Pulse and Blood Pressure Procedures for Household Interviewers*[7].

Pertinence : C'est le rapport d'une étude sur la santé réalisée par le « Centers Disease Control and Prevention » du gouvernement américain, où on y trouve toutes les définitions et les différentes prises de mesures possible du pouls et de la tension artérielle. Ce rapport nous aidera à choisir notre type de prise de mesure du pouls.

2.1.4. L'oxymétrie

Français	Anglais
Oxymétrie	Oximetry

2.1.4.1. Google avec l'équation **« oximetry »**

Résultat :
Dr FEARNLEY, S. J. *Pulse Oximetry*[8].

Pertinence : Cet article provient du site de l'université d'Oxford, il traite de l'oxymétrie et de comment la mesurer. On y trouve entre autre la définition de l'oxymétrie et la mesure attendue. Nous pourrons l'utiliser également lors de la vérification de la véracité des résultats lors des tests.

2.2. Les microcontrôleurs et leur programmation

2.2.1. Programmation pour microcontrôleurs

Français	Anglais
Microcontrôleur	Microcontroller
Programmation	Programming
Langage C	C language
Tutoriel	Tutorial

2.2.1.1. SUMMON avec l'équation **« microcontroller AND programming »**

Résultat :
VAN SICKLE, Ted. *Programming microcontrollers in C*[9].

[7] Voir dans bibliographie, documents électroniques (5.1.), n°10
[8] Voir dans bibliographie, documents électroniques (5.1.), n°13
[9] Voir dans bibliographie, documents classiques (5.2.), n°8

Pertinence : Ecrit par un ancien spécialiste des microcontrôleurs au sein d'une grosse entreprise et qui enseigne maintenant la programmation pour microcontrôleur, ce livre est donc une source sûre pour comprendre les principes de ce type de programmation.

2.2.1.2. Google avec l'équation **« tutorial AND C »**

Résultat :
Club des professionnels de l'informatique. *Les meilleurs cours et tutoriels C*[10].

Pertinence : Developpez.com, club des professionnels de l'informatique, propose de nombreux forums, tutoriels, livres... pour apprendre et utiliser le langage de programmation C.

2.2.1.3. CIBLE avec l'équation **« langage AND C »**

Résultat :
KERNIGHAN, B.W. *Le langage C : norme ANSI*[11].

Pertinence : Ce livre est le premier ouvrage de référence du langage C proposé par le site ci-dessus (Club des professionnels de l'informatique), convenant tout aussi bien à l'apprentissage du langage ou comme référence sur la norme et la bibliothèque. Cependant, bien que cette édition soit très récente (septembre 2004), il ne s'agit que d'une nouvelle présentation de l'édition de 1997 ; par conséquent, l'ouvrage n'aborde pas la nouvelle norme C99.
Complément : Méthodologie de la programmation en C, Norme C 99 - API POSIX, de Achille Braquelaire

2.2.2. Les microcontrôleurs

Français	Anglais
Microcontrôleur	Microcontroller
Architecture	Architecture

2.2.2.1. SUMMON (SpringerLink) avec l'équation **« microcontroller »** (1)

Résultat :
MITESCU, Marian, SUSNEA, Ioan. *Microcontroller in practice.*[12]

[10] Voir dans bibliographie, documents électroniques (5.1.), n°12
[11] Voir dans bibliographie, documents classiques (5.2.), n°4
[12] Voir dans bibliographie, documents classiques (5.2.), n°7

Pertinence : Ce livre traite des microcontrôleurs dans leur ensemble. Bonne source pour une introduction en la matière.

2.2.2.2. SUMMON (ScienceDirect) avec l'équation **« microcontroller »** (2)

Résultat :
LIPOVSKI, G. Jack. *Introduction to microcontrollers : architecture, programming and interfacing for the Freescale 68HC12*[13].

Pertinence : Comme le décrit lui-même l'auteur, le livre est destiné aux lecteurs ayant relativement peu d'expérience dans le domaine. Il se focalise sur l'aspect architectural des microcontrôleurs en rapport avec la programmation.

2.2.2.3. SUMMON avec l'équation **« microcontroller AND architecture »**

Résultat :
DOBOLI, Alex, CURRIE, Edwae H. *Introduction to Mixed-Signal, Embedded Design : Microcontroller Architecture*[14].

Pertinence : Le chapitre "Microcontroller Architecture" de cet ouvrage pose les grandes lignes de l'architecture d'un microcontrôleur, permettant d'avoir une compréhension d'ensemble de la composition de ce dernier.

2.3. L'Arduino et ses périphériques

2.3.1. L'Arduino

Français	Anglais
Arduino	Arduino

2.3.1.1. Google avec l'équation **« Arduino »**

Résultat :
Arduino Team. *Arduino*[15].

Pertinence : Site officiel de l'Arduino, où se trouve la majorité des informations concernant l'Arduino et ses applications.

[13] Voir dans bibliographie, documents classiques (5.2.), n°5
[14] Voir dans bibliographie, documents classiques (5.2.), n°2
[15] Voir dans bibliographie, documents électroniques (5.1.), n°1

2.3.2. Le branchement de l'Arduino à un ordinateur

Français	Anglais
Communication	Communication
Port	Port
Gestion	Management
Périphériques	Peripheral

2.3.2.1. Google Scholar avec l'équation **« communication AND windows AND USB AND ports »**

Résultat :
AXELSON,Jan. *USB Complete : Everything you need to develop USB peripherals*[16]***.***

Pertinence : Ce document traite de la communication avec l'arduino à l'aide d'un programme python. Il aborde également la communication entre l'ordinateur et un périphérique connecté par USB. Il pourra être utile donc vers la fin du projet lorsqu'il faudra utiliser les principes et outils ci-dessus.

2.3.2.2. Google avec l'équation **« python AND communicate AND arduino »**

Résultat :
Arduino Team. *Arduino Playground – Python*[17]*.*

Pertinence : Le site web mentionné est très intéressant puisque il explique comment nous pouvons établir facilement la communication entre notre programme et l'arduino. Il mentionne qu'il existe un module python qu'il suffit d'importer dans le programme et explique en détail les différentes fonctions en donnant un exemple comment les utiliser.

2.3.2.3. Techniques de l'ingénieur avec l'équation **« Unix AND gestion AND périphériques »**

Résultat :
SOULEMA, Philippe. *Système d'exploitation UNIX*[18]*.*

Pertinence : Ce document explique l'architecture UNIX sous laquelle se basent notamment Mac et Linux. Pour nous ce qui est plus important c'est la gestion des périphériques. Le document traite cette partie notamment au point 1.3 « Gestion des entrées et des sorties ».

[16] Voir dans bibliographie, documents classiques (5.2.), n°1
[17] Voir dans bibliographie, documents électroniques (4.1.), n°2
[18] Voir dans bibliographie, documents électroniques (4.1.), n°23

2.3.3. L'écran LCD

Français	Anglais
LCD	LCD
Arduino	Arduino

2.3.3.1. Arduino avec l'équation **« LCD »**

Résultat :
Arduino Team. *Liquid Cristal Library.*[19]

Pertinence : Il s'agit de toute la librairie permettant le contrôle de l'arduino sur le LCD (basé sur Hitachi HD44780). Nous l'utiliserons donc lorsque nous programmerons la communication via le LCD.

2.3.3.2. Google avec l'équation **« Arduino AND LCD »**

Résultat :
LADYADA. *Arduino Tutorial*[20].

Pertinence : Ce site présente les étapes de l'installation électrique d'un écran LCD à un arduino (Arduino Tutorial).

2.3.4. Capteur de poids et de taille

Français	Anglais
Automatique	Automatic
Hauteur	Height
Ultrason	Ultrasonic
Poids	Weight
Jauge de contrainte	Strain gauge

2.3.4.1. ScienceDirect avec l'équation **« Measure AND weight »**

Résultat :
HUDDLESTON, Creed. *7 - Sensor Application— Pressure and Load Sensors*[21].

Pertinence : Ce chapitre, donne des informations sur les différents types de capteurs (Jauge de contraintes et capteur piézoélectrique) et traite des différents problèmes qui peuvent être rencontrés lors de l'utilisation de ceux-ci.

[19] Voir dans bibliographie, documents électroniques (4.1.), n°3
[20] Voir dans bibliographie, documents électroniques (4.1.), n°17
[21] Voir dans bibliographie, documents électroniques (5.1.), n°14

2.3.4.2. SUMMON avec l'équation **« Strain AND gauge AND microcontroller »**

Résultat :
ŞTEFANESCU, Dan Mihai. *Handbook of Force Transducers*[22].

Pertinence : Ce document aborde le sujet de nombreux types différents de capteurs de force et de leur fonctionnement, ce qui nous aidera à choisir le nôtre.

2.3.4.3. Google avec l'équation **« automated AND height AND measure »**

Résultat :
CUCEU, Bogdan, MAKHIJA, Aditya, STAMATOV, Dimitar. 4 mai 2011. *Automated height and weight device for military applications*[23].

Pertinence : Il s'agit d'un rapport de projet semblable au nôtre, réalisé à l'université d'Illinois. Les auteurs citent plusieurs méthodes de mesure de la taille ainsi que les inconvénients de ces méthodes. Ce document nous aidera également quant au choix des capteurs.

2.3.4.4. Google avec l'équation **« automated AND height AND measure »**

Résultat :
BURHAN UDDIN, Ismail, SYED FAHAD, Akbar Ali, ALI ASGHAR, Ayaz. Avril 2012. *Microcontroller Based Automated Body Mass Index (BMI) Calculator with LCD Display*[24].

Pertinence : Il s'agit d'un rapport d'un projet présenté à la ICEECE qui porte sur la conception d'un appareil qui calcule le BMI. Les auteurs expliquent en quelques mots comment fonctionne la mesure de distances par ultrason.

[22] Voir dans bibliographie, documents électroniques (5.1.), n°24
[23] Voir dans bibliographie, documents électroniques (5.1.), n°9
[24] Voir dans bibliographie, documents électroniques (5.1.), n°8

2.3.5. Capteur d'oxymétrie et de pouls

Français	Anglais
Mesure	Measurement
Pouls	Pulse
Oxymétrie	Oximetry
Infrarouge	Infrared
Digital	Digital
Fréquence cardiaque	Heart rate
Capteur	Sensor/Transducer
Mesure	Measure

2.3.5.1. ScienceDirect avec l'équation **« Measurement AND Pulse AND oximetry »**

Résultat :
RUSCH T.L., SANKAR R., SCHARF J.E. *Signal Processing Methods for Pulse Oximetry*[25].

Pertinence : Cet article explique ce qu'est l'oxymétrie et pourquoi c'est un paramètre important. L'auteur expose également une problématique de la mesure de l'oxymétrie en utilisant des diodes et en donne la solution. L'article contient également des équations qui nous seront utiles pour la calculer.

2.3.5.2. ScienceDirect avec l'équation **« Oxymétrie AND Pouls »**

Résultat :
ROLLY, G., VERSICHELEN, L. *Oxymétrie de pouls.*[26]

Pertinence : Cet article aborde de manière simple et en français l'oxymétrie de pouls et comment la mesurer.

2.3.5.3. Google avec l'équation **« mesure AND oxymétrie AND pouls AND infrarouge AND digital »**

Résultat :
BENISTY, Yves. 2008. *L'oxymètre de pouls*[27].

[25] Voir dans bibliographie, documents électroniques (5.1.), n°22
[26] Voir dans bibliographie, documents électroniques (5.1.), n°21
[27] Voir dans bibliographie, documents électroniques (5.1.), n°6

Pertinence : Le rapport explique de manière assez générale comment calculer l'oxymétrie mais fournit néanmoins une image claire illustrant comment sont disposées les différentes composantes du capteur oxymétrique.

2.3.5.4. Google avec l'équation **« heart AND rate AND measure AND infrared »**

Résultat :
JAWAHAR, Yousuf. 10 avril 2009. *Design of an Infrared Based Blood Oxygen Saturation and Heart Rate Monitoring Device*.[28]

Pertinence : Le présent document aborde la réalisation d'un capteur d'oxymétrie et de fréquence cardiaque. L'auteur se penche également sur la facilité d'utilisation de celui-ci, d'où la pertinence élevée de ce document pour notre projet.

2.3.5.5. Google avec l'équation **« heart AND rate AND measure AND infrared »**

Résultat :
BABIKER, Sharief F., ELRAYAH ABDEL-KHAIR, Liena, ELBASHEER, Samah M. *Microcontroller Based Heart Rate Monitor Using Fingertip Sensors*.[29]

Pertinence : Le rapport de ce projet porte sur la mesure de la fréquence cardiaque en utilisant un capteur infrarouge sur le bout des doigts.

2.3.6. Les capteurs de température

Français	Anglais
Température	Temperature
Thermomètre	Thermometer

2.3.6.1. ScienceDirect avec l'équation **« Infrared AND thermometer »**

Résultat :
BAURA, G., *Chapter 12: Thermometer, Medical Device Technologies*.[30]

Pertinence : Gail BAURA est une ingénieure biomédicale qui a écrit un livre sur les différentes technologies utilisées en médecine. Un chapitre reprend le fonctionnement des thermomètres, notamment les capteurs infrarouges.

[28] Voir dans bibliographie, documents électroniques (5.1.), n°16
[29] Voir dans bibliographie, documents électroniques (5.1.), n°4
[30] Voir dans bibliographie, documents électroniques (5.1.), n°5

2.3.6.2. Techniques de l'ingénieur avec l'équation **« thermomètre AND infrarouge »**

Résultat :
LE COZE, J., ROGEZ, J., *Mesure des températures – Eléments de choix d'une chaîne et d'une méthode de mesure*.[31]

Pertinence : Cet article décrit les différentes manières de mesurer une température et établit différents tableaux de comparaison. Cela donne une marche à suivre afin de choisir notre propre capteur.

2.3.6.3. Google avec l'équation « MLX90614 »

Résultat :
Melexis. *MLX90614 Digital, plug & play, infrared thermometer in a TO-can*[32]***.***

Pertinence : Le capteur MLX90614 est commercialisé par la compagnie Melexis. On retrouve donc sur ce site toutes les caractéristiques liées à ce capteur.

[31] Voir dans bibliographie, documents électroniques (5.1.), n°18
[32] Voir dans bibliographie, documents électroniques (5.1.), n°24

3. Les bases de données et moteurs de recherche utilisés

3.1. Google

Ce moteur de recherche connu permet de rechercher facilement et de trouver un bon nombre de sources concernant un sujet. Mais le fait que les résultats des recherches soient triés rend les sources obtenues plus subjectives (due à la non diversification du type de sources trouvées aux premières pages, par exemple, « Wikipédia » se retrouve systématiquement dans les 5 premiers résultats).

De plus, il n'y a aucune vérification effectuée sur les auteurs des sites visités, les informations peuvent donc être tout à fait erronées. Les sources trouvées à l'aide de Google sont donc à prendre avec un regard critique, l'idéal est d'utiliser ce moteur de recherche pour se familiariser avec un sujet, pour en apprendre les généralités, tout en vérifiant qui sont les auteurs des sites visités.

3.2. ScienceDirect

Cette base de données met à notre disposition plus de 10 millions de livres et d'articles de revues scientifiques. Elle constitue donc une base de données fiable et complète recouvrant 26 domaines scientifiques et sociaux différents.

3.3. SpringerLink

Cette base de données rassemble quelques millions d'articles, de chapitres de livres, d'ouvrages de référence et de protocoles couvrant vingt branches différentes, allant de l'ingénierie au droit en passant par le business.

3.4. PubMed

PubMed rassemble plus de 22 millions de références de livres, d'articles sur le domaine de la médecine et des sciences naturelles.

3.5. Google Scholar

Ce moteur de recherche permet d'effectuer aisément une recherche sur un domaine dans une base de travaux universitaires. Il s'y trouve des articles revus par des comités de lecture, des thèses, des livres, des résumés analytiques et des articles.

3.6. Arduino

Ce site, qui n'est autre que le site officiel de l'Arduino, regorge d'articles, de forums et de fiches d'aide et d'explications concernant l'Arduino, ses périphériques, ses branchements et son codage.

3.7. Techniques de l'ingénieur

Cette base de donnée offre un large choix de documentations et d'articles concernant tous les domaines qui peuvent être utiles à l'ingénieur.

3.8. Summon

Summon est un moteur de recherche qui permet de rechercher des documents (articles, livres, …) dans un large choix de bases de données. Cet outil permet donc de gagner du temps en recherchant directement dans plusieurs bases de données.

4. Conclusion :

Ce travail nous a permis d'avoir une vue d'ensemble du projet et d'anticiper les problèmes qui pourraient survenir plus tard durant la réalisation de celui-ci. Il nous donne également une base bibliographique solide pour la rédaction du rapport et pour d'autres recherches à venir dans la suite du projet.

Mais de manière plus générale, un projet comme celui-ci nous a permis de nous rendre compte de l'importance d'un processus de recherche avancé et réfléchit. L'efficacité s'en trouve grandement améliorée, ainsi que la qualité des sources et leur pertinence par rapport au projet.

5. Annexe : Bibliographie

5.1. Documents électroniques

1.
Arduino Team. *Arduino*. Site Web sur INTERNET <http://www.arduino.cc/>. Dernière consultation : 31.10.2012.

2.
Arduino Team. *Arduino Playground – Python.* Site Web sur INTERNET. <http://www.arduino.cc/playground/interfacing/python> Dernière consultation : 01.11.2012.

3.
Arduino Team. *Liquid Cristal Library.* Site Web sur INTERNET <http://arduino.cc/en/Reference/LiquidCrystal?from=Tutorial.LCDLibrary>. Dernière consultation : le 31-10-2012.

4.
BABIKER, Sharief F., ELRAYAH ABDEL-KHAIR, Liena, ELBASHEER, Samah M. *Microcontroller Based Heart Rate Monitor Using Fingertip Sensors*. University of Khartoum Engineering Journal. Vol 1, Octobre 2011. PDF sur Internet. <http://ejournals.uofk.edu/index.php/engineering/article/download/149/190> Dernière consultation : 23.10.2012

5.
BAURA, G., *Chapter 12: Thermometer, Medical Device Technologies* **,** 2012, p. 257-274. Site Web sur internet. <http://www.sciencedirect.com.ezproxy.ulb.ac.be/science/article/pii/B9780123749765000128> Dernière Consultation : 30.10.2012

6.
BENISTY, Yves. 2008. *L'oxymètre de pouls*. PDF sur Internet. <http://sofia.medicalistes.org/spip/IMG/pdf/SpO2.pdf> Dernière consultation : 21.10.2012

7.
BRÄUER, A., BRAUN, U., FRITZ, U., ROHRBERG, M., LANGE, C., WEYLAND, W. *Infrared temperature measurement in the ear canal with the DIATEK 9000 Instatemp and the DIATEK 9000 Thermoguide. Comparison with methods of temperature measurement in other body parts*. 1996. Anaesthesist. Zentrum Anaesthesiologie, Rettungs- und Intensivmedizin, Georg-August-Universität Göttingen. Göttingen (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/9012301>)

8.
BURHAN UDDIN, Ismail, SYED FAHAD, Akbar Ali, ALI ASGHAR, Ayaz. Avril 2012. *Microcontroller Based Automated Body Mass Index (BMI) Calculator with LCD Display.*
PDF sur Internet :
<http://psrcentre.org/images/extraimages/412544.pdf>
Dernière consultation : 31.10.2012

9.
CUCEU, Bogdan, MAKHIJA, Aditya, STAMATOV, Dimitar. 4 mai 2011. *Automated height and weight device for military applications*. Projet Universitaire. PDF sur Internet.
<http://courses.engr.illinois.edu/ece445/projects/spring2011/project7_final_paper.pdf>
Dernière consultation : 31.10.2012.

10.
Centers for Disease Control and Prevention. 1993. *National Health and Nutrition Examination Survey : Pulse and Blood Pressure Procedures for Household Interviewers*. Site Web sur INTERNET.
<http://www.cdc.gov/nchs/data/nhanes/nhanes3/cdrom/nchs/manuals/pressure.pdf>
Dernière consultation : 30.10.2012

11.
Centers for Disease Control and Prevention. 2011. *Healthy Weight : Adult – About BMI*. Site Web sur INTERNET.
<http://www.cdc.gov/healthyweight/assessing/bmi/adult_bmi/index.html>.
Dernière consultation : 30.10.2012

12.
Club des professionnels de l'informatique. *Les meilleurs cours et tutoriels C*. Site Web sur INTERNET <http://c.developpez.com/cours/>.
Dernière consultation : 31.10.2012.

13.
Dr FEARNLEY, S. J. *Pulse Oximetry.* 1995.
Article sur Internet.
<http://www.nda.ox.ac.uk/wfsa/html/u05/u05_003.htm>

14.
HUDDLESTON, Creed. *7 - Sensor Application— Pressure and Load Sensors*. Intelligent Sensor Design Using the Microchip dsPIC, Newnes, Burlington, 2006, Pages 209-227.
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780750677554500109>
Dernière consutation : 30.10.2012

15.
Institut Scientifique de Santé Publique. 2008. *Section épidémiologie : Enquête de santé belge par interview*. Site Web sur INTERNET. <https://www.wiv-isp.be/epidemio/epifr/CROSPFR/HISFR/his08fr/9.etat%20nutritionnel.pdf>.
Dernière visite : 30.10.2012

16.
JAWAHAR, Yousuf. 10 avril 2009. *Design of an Infrared Based Blood Oxygen Saturation and Heart Rate Monitoring Device*. Thèse universitaire. Hamilton (Canada): McMaster University.
PDF sur Internet.
<http://digitalcommons.mcmaster.ca/cgi/viewcontent.cgi?article=1004&context=ee4bi6>
Dernière consultation : 23.10.2012

17.
LADYADA. *Arduino Tutorial.* Site Web sur INTERNET
<http://www.ladyada.net/learn/arduino/lcd.html>.
Dernière consultation : le 31.10.2012.

18.
LE COZE, J., ROGEZ, J., *Mesure des températures – Eléments de choix d'une chaîne et d'une méthode de mesure*. 2010. Site Web sur Internet.
<http://www.techniques-ingenieur.fr.ezproxy.ulb.ac.be/base-documentaire/mesures-analyses-th1/mesure-de-temperature-42542210/mesure-des-temperatures-r2518/criteres-de-choix-r2518niv10001.html>
Dernière consultation : 30.10.2012

19.
Le site santé du Ministère des Affaires Sociales et de la Santé. 2012. *Canicules et chaleurs extrêmes : Fiches n° 1-5 : Mesures de la température corporelle.* Site Web sure INTERNET. <http://www.sante.gouv.fr/fiches-no-1-5-mesures-de-la-temperature-corporelle.html>.
Dernière consultation : 30.10.2012

20.
Melexis. *MLX90614 Digital, plug & play, infrared thermometer in a TO-can.*
Site Web sur Internet : <http://www.melexis.com/Infrared-Thermometer-Sensors/Infrared-Thermometer-Sensors/MLX90614-615.aspx>
Dernière consultation : 30.10.2012

21.
ROLLY, G., VERSICHELEN, L. *Oxymétrie de pouls.* Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation. Volume 8, Issue 3. 1989. Pages 171-174
PDF sur Internet :
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0750765889800991>
Dernière consultation : 21.10.2012

22.
RUSCH T.L., SANKAR R., SCHARF J.E. *Signal Processing Methods for Pulse Oximetry*. Comput.Biol. *Med*. Vol 26 No 2 pp 143-159, 1996
PDF sur Internet :
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0010482595000496>
Dernière consultation : 21.10.2012.

23.
SOULEMA, Philippe. 10 février 1997.*Système d'exploitation UNIX.*
PDF sur Internet :<http://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/technologies-de-l-information-th9/systemes-d-exploitation-42305210/systeme-d-exploitation-unix-h1528/ >
Dernière consultation : 17.10.2012.

24.
ŞTEFANESCU, Dan Mihai. *Handbook of Force Transducers.* 2011.
Springer Berlin Heidelberg.
<http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-18296-9_19>
Dernière consultation : 30.10.2012

5.2. Documents classiques

1.
AXELSON,Jan. *USB Complete : Everything you need to develop USB peripherals.*
2005
Lakeview Research LLC.

2.
DOBOLI, Alex, CURRIE, Edwae H. *Introduction to Mixed-Signal, Embedded Design : Microcontroller Architecture*. 2010. New York Springer.

3.
HOUDAS, Y ; GUIEU, J. D. *La fonction thermique*. 1977.
Villeurbanne : Simep

4.
KERNIGHAN, B.W. *Le langage C : norme ANSI*.
1997. Paris : Editions Masson. 280 p.

5.
LIPOVSKI, G. Jack (Metrowerks (Firm) CodeWarrior development studio for Motorola HC(S) 12 microcontrollers). *Introduction to microcontrollers : architecture, programming and interfacing for the Freescale 68HC12.* 2004.

6.
McINTOSCH, A. 2006. *Parental Time and Obesity.* Hauppauge, N.Y. : Nova Science Publishers. .

7.
MITESCU, Marian, SUSNEA, Ioan. *Microcontroller in practice.* 2005. Springer series in advanced microelectronics, 18. Berlin ; New York : Springer

8.
VAN SICKLE, Ted. *Programming microcontrollers in C.* 2001.Embedded technology series. Eagle Rock, Calif. : LLH Technology Pub.

Bibliographie

[1] Alex BERTHOLET. Jauges d'extensométrie. http://sites.uclouvain.be/gce/docs/cours_jauge_contrainte.doc, 2007. Dernière consultation : 15-11-2012.

[2] Marc BINDER, D, Nobutaka HIROKAWA, and WINDHORST Uwe. *Encyclopedia of Neuroscience*. Springer Berlin Heidelberg, 2009.

[3] Ismail BURHAN UDDIN, Akbar Ali SYED FAHAD, and Ayaz ALI ASGHAR. Microcontroller based automated body mass index (bmi) calculator with lcd display. http://psrcentre.org/images/extraimages/412544.pdf, Avril 2012. Dernière consultation : 31-10-2012.

[4] Dano. Beavis audio research. http://www.beavisaudio.com. Dernière consultation : 23-11-2012.

[5] Classes moyennes et Energie Economie. SPF Economie, P.M.E. Réglementation relative aux dispositifs médicaux, Septembre 2011.

[6] Classes moyennes et Energie Economie. SPF Economie, P.M.E. Sécurité des dispositifs médicaux selon la législation belge. http://economie.fgov.be/fr/entreprises/securite_produits_et_services/Dispositifs_medicaux/, 2013. Dernière consultation : 03-03-2013.

[7] Centers for Disease Control and Prevention. National health and nutrition examination survey : Pulse and blood pressure procedures for household interviewers. http://www.cdc.gov/nchs/data/nhanes/nhanes3/cdrom/nchs/manuals/pressure.pdf, 1993. Dernière consultation : 30-10-2012.

[8] Jesse HALL, B. and Jean-Louis VINCENT. *Encyclopedia of Intensive Care Medicine*. Springer Berlin Heidelberg, 2012.

[9] Jesse HALL, B. and Jean-Louis VINCENT. *Encyclopedia of Intensive Care Medicine*. Springer Berlin Heidelberg, 2012.

[10] E HERMANS, J, M HENCKENS, J, K ROELOFS, and G FERNANDEZ. *Fear bradycardia and activation of the human periaqueductal grey*. Elsevier Inc, 2012.

[11] Jeremy. Using pwm outputs with an arduino and a led. http://thecustomgeek.com/2011/08/30/using-pwm-outputs-with-an-arduino-and-a-led/, 2011. Dernière consultation : 6-12-2012.

[12] Heun-SU KIM. Stanford : Me 117/220 lecture 3. http://www.stanford.edu/class/me220/data/lectures/lect03/lect_3.html, 2008. Dernière consultation : 16-11-2012.

[13] J LOEPPKY, A, U LUFT, C, and E FLETCHER, R. Quantitative description of whole blood co2 dissociation curve and haldane effect. *Respiration Physiology*, 51(2) :167–181, 1983.

[14] Hoa G. NGUYEN and Michael R. BLACKBURN. A simple method for range finding via laser triangulation. http://www.dtic.mil/cgi-bin/GetTRDoc?AD=ADA292529, 1995. Dernière consultation : 23-11-2012.

[15] Narasimhan RANGANATHAN, Vahe SIVACIYAN, and Franklin SAKSENA, B. *The Art and Science of Cardiac Physical Examination Contemporary Cardiology*. Humana Press, 2007.

[16] Gerald RECKTENWALD. Temperature measurement with a thermistor and an arduino. `http://web.cecs.pdx.edu/~eas199/B/howto/thermistorArduino/thermistorArduino.pdf`, 2010. Dernière consultation : 14-11-2012.

[17] Portland State Aerospace Society. Negative temperature coefficientthermistors for temperature measurement. `http://psas.pdx.edu/RocketScience/Thermistors.pdf`, 2003. Dernière consultation : 20-11-2012.

[18] Watlow St.Louis. The watlow educational series book four : Temperature sensors. `http://www.m-r-c.co.il/Media/Doc/TechnicalInformation/Temp_Measuring1.pdf`, 1995. Dernière consultation : 1-12-2012.

[19] STATISTRONICS STORE. Ultasonic ranging module hc-sr04. `http://www.hmangas.com/Electronica/Datasheets/Sensores/HC-SR04%2520Ultracsonic%2520Module.pdf`. Dernière consultation : 25-10-2012.

[20] Dan Mihai ÅTEFANESCU. Handbook of force transducers. `http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-18296-9_19`, 2011. Dernière consultation : 30-10-2012.

[21] Wikipedia. Pulse. http ://en.wikipedia.org/wiki/Pulse. Dernière consultation : 13-12-2012.